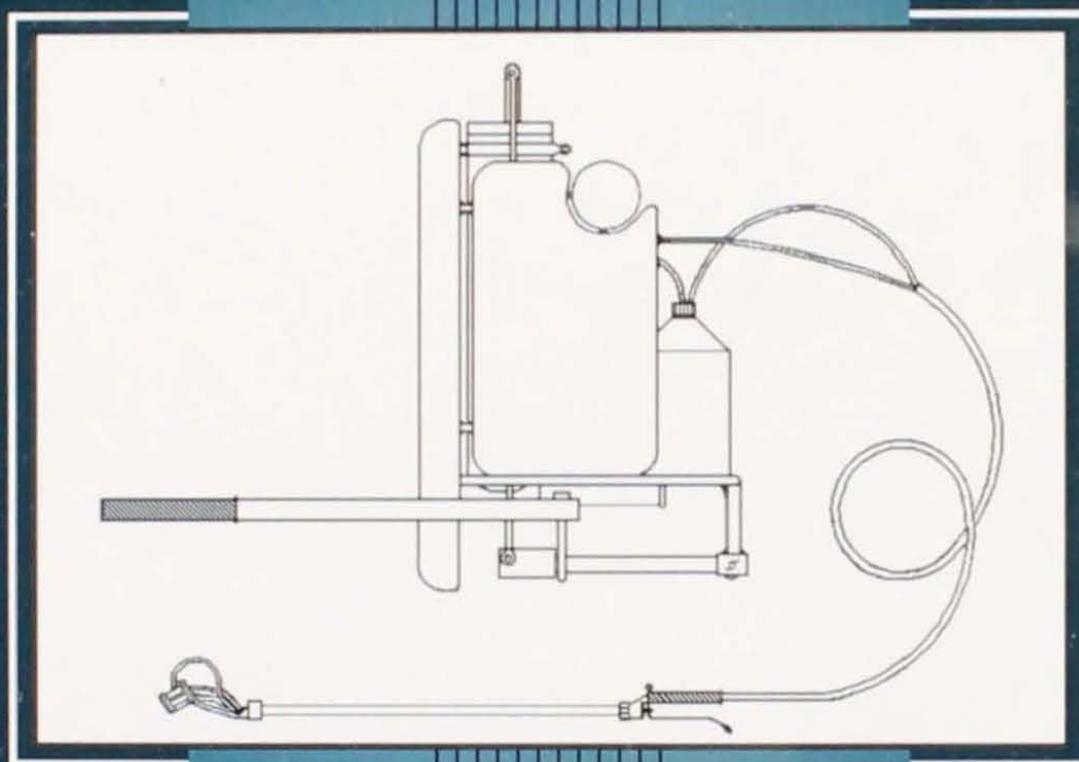


# MANUAL

## DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

Aldemir Chaim



**brapa**

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio Ambiente  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

# **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**

*Aldemir Chaim*

***Embrapa Informação Tecnológica  
Brasília, DF  
2009***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (Final)  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3340-9999  
Fax: (61) 3340-2753  
www.sct.embrapa.br/liv  
vendas@sct.embrapa.br

**Embrapa Meio Ambiente**

Rodovia SP 340 – Km 127,5  
CEP 13820-000 Jaguariúna, SP  
Caixa Postal 69  
Fone: (19) 3311-2700  
Fax: (19) 3311-2640  
www.cnpma.embrapa.br  
sac@cnpma.embrapa.br

Coordenação editorial  
*Fernando do Amaral Pereira*  
*Mayara Rosa Carneiro*  
*Lucilene Maria de Andrade*

Supervisão editorial  
*Rúbia Maria Pereira*  
*Enka do Carmo Lima Ferreira*

Revisão de texto  
*Jane Baptistone de Araújo*

Normalização bibliográfica  
*Iara Del Fiaco Rocha*

Projeto gráfico, editoração eletrônica e capa  
*Mário César Moura de Aguiar*

Ilustrações  
*Aldemir Chaim*

**1ª edição**  
1ª impressão (2009): 2.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

---

Chaim, Aldemir

Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos / Aldemir Chaim. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

73 p. : il. ; 16 x 22 cm.

ISBN 978-85-7383-468-0

1. Agrotóxico. 2. Método de aplicação. 3. Pulverização. 4. Tecnologia agrícola. 5. Manutenção. 6. Equipamento. I. Embrapa Meio Ambiente. II. Título.

---

CDD 668.65

© Embrapa, 2009

# Autor

## **Aldemir Chaim**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP  
aldemir@cnpma.embrapa.br



# Apresentação

A prática agrícola, invariavelmente, interfere no equilíbrio ecológico existente no ambiente natural. Em prol do cultivo de espécies de interesse econômico, na maioria das vezes exóticas, ocorre a eliminação de espécies nativas de uma determinada área. Nesse ambiente ecologicamente modificado, os organismos oportunistas – nativos ou exóticos – multiplicam-se, usando a espécie cultivada pelo homem como fonte de alimento. Assim, desde os primórdios da agricultura, o homem é obrigado a utilizar uma série de “armas” para manter a sobrevivência e a produtividade das plantas de seu interesse.

Na agricultura, utilizam-se muitos insumos químicos, como fertilizantes e agrotóxicos, tanto em pequenas quanto em grandes extensões de áreas cultivadas. Vale ressaltar que, para garantir a eficiência e não contaminar o meio ambiente, é necessário, entre outros fatores, utilizar esses insumos de forma criteriosa, principalmente os agrotóxicos, pois esses foram desenvolvidos com a finalidade de eliminar ou controlar populações de seres vivos.

Nesse contexto, os agrotóxicos apresentam resultados de controle eficazes, e essa eficiência é obtida pelo uso de novos produtos altamente específicos no combate a determinadas pragas, doenças e plantas invasoras, das mais variadas culturas. Esse fato compensa a deficiente deposição obtida com as pulverizações. Em alguns casos, constatou-se que mais de 50% dos produtos aplicados não atingiam o alvo desejado, ou seja, o local onde se encontrariam as pragas e as doenças. Para a melhoria desse processo como um todo, é imprescindível que haja maior interação entre as diversas áreas de conhecimento dessa ciência aplicada. Por meio dessa interação e, principalmente, do envolvimento dos profissionais dedicados à prática da solução dos problemas fitossanitários no campo, será possível entender os fatores envolvidos nesse processo de controle.

Este livro, *Manual de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos*, organizado pelo pesquisador da Embrapa Meio Ambiente Aldemir Chaim, visa à maior eficiência na aplicação de agrotóxicos. Estruturado em seis capítulos, esta publicação aborda os principais fatores que afetam tanto a eficiência das aplicações quanto a regulação de pulverizadores. Descreve, ainda, de forma detalhada, a calibração da pulverização, numa abordagem simples e de fácil entendimento.

*Celso Vainer Manzatto*  
Chefe-Geral  
Embrapa Meio Ambiente



# Sumário

<b>Introdução</b> .....	9
<b>Capítulo 1 – Eficiência da aplicação de agrotóxicos</b> .....	11
<b>Capítulo 2 – Fatores que afetam a eficiência da aplicação</b> .....	15
Influência do alvo biológico .....	18
Pulverização ou geração de gotas .....	23
Dinâmica das gotas .....	30
Processos de geração de gotas .....	37
<b>Capítulo 3 – Pulverizadores tratorizados</b> .....	51
Pulverizadores de barra .....	51
Turbopulverizadores .....	54
<b>Capítulo 4 – Regulagem de pulverizadores</b> .....	55
<b>Capítulo 5 – Calibração de pulverização</b> .....	59
Passos para calibração de pulverização para aplicação de agrotóxicos .....	59
<b>Capítulo 6 – Cuidados gerais e manutenção de equipamentos de aplicação</b> .....	67
Instruções teóricas .....	67
Antes da pulverização da cultura .....	67
Após o período de pulverização .....	68
Utilização de equipamentos de proteção individual .....	68
<b>Referências</b> .....	71
<b>Literatura recomendada</b> .....	73
<b>Glossário</b> .....	73



# Introdução

O grande surto de desenvolvimento dos equipamentos de aplicação de agrotóxicos surgiu entre 1867 e 1900, tanto em razão do interesse dos agricultores em aumentar a produção e a qualidade dos produtos quanto do grande êxodo rural consequente da Revolução Industrial.

Com o êxodo rural, a concentração de pessoas nas áreas urbanas aumentou a demanda de produtos agrícolas e, em contrapartida, diminuiu a disponibilidade de mão de obra para trabalhar no campo (AKESSON; YATES, 1979); o que forçou o desenvolvimento de novas tecnologias para o aumento de produção, principalmente daquelas que permitiriam que poucos indivíduos cultivassem áreas extensas e favorecessem, portanto, à prática da monocultura. Houve então maior demanda de aplicação de produtos para controle de pragas e de doenças surgidas em decorrência da prática da monocultura.

O método atual de aplicação não difere daquele que se empregava no fim do século 19 e objetiva estabelecer uma barreira tóxica na superfície do alvo para impedir o ataque de pragas e de doenças. A eficácia dos agrotóxicos no controle dos problemas fitossanitários é hoje muito grande. Entretanto, a eficiência do controle ainda é conseguida graças ao poderoso efeito tóxico das novas moléculas, o qual compensa a pobre e deficiente deposição obtida com as pulverizações, pois, em alguns casos, mais de 50% dos produtos aplicados não atingem o alvo estabelecido.

Atualmente, vários são os fatores que influenciam na aplicação de agrotóxicos, entre os quais as próprias recomendações dos fabricantes, a geração de gotas, as condições micrometeorológicas, os bicos de pulverização, os tipos de alvo e a adequação dos pulverizadores. Nesta publicação, são apresentados, de forma simples, os principais fatores que afetam a eficiência das aplicações, bem como uma proposta de calibração de pulverização, passo a passo.



## Eficiência da aplicação de agrotóxicos

Não há, nem no Brasil nem no exterior, informações concretas sobre os desperdícios que ocorrem durante as pulverizações de agrotóxicos. Algumas delas, disponibilizadas na literatura internacional, apontam que as aplicações de agrotóxicos são extremamente ineficientes. Contudo, tais informações se fundamentam apenas em fatos teóricos, ou seja, baseiam-se nas doses de agrotóxicos teoricamente necessárias para o controle de populações das pragas que produzem dano econômico.

Estudos com um novo método de determinação de volume depositado por análise de gotas – desenvolvido por Chaim et al. (1999c) e testado em um experimento com pulverização aérea de herbicidas (PESSOA; CHAIM, 1999) – demonstraram perdas de cerca de 50% do volume de calda (ver Glossário) aplicado.

Chaim et al. (1999e) verificaram que os resultados das perdas de agrotóxicos pulverizados em culturas como feijão e tomate foram elevados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Eficiência da pulverização na distribuição de agrotóxicos, em culturas de feijão e de tomate.

Cultura	Altura da planta (cm)	Planta <sup>(1)</sup>	Solo <sup>(1)</sup>	Deriva <sup>(1)</sup>
Feijão	15	12	73	15
Feijão	35	44	41	15
Feijão	60	41	34	25
Tomate	40	36	28	35
Tomate	70	52	14	34

<sup>(1)</sup> Valores expressos em porcentagem de ingrediente ativo, relativa ao total aplicado.  
Fonte: Chaim et al. (1999e).

Nas culturas de porte rasteiro, dadas as características intrínsecas da forma de aplicação, há uma clara tendência de a deposição concentrar-se na região do ponteiro das plantas. Comparando a deposição proporcionada por diferentes bicos de pulverização, Scramin et al. (2002) observaram, na cultura de algodão, que a média foi significativamente decrescente da região apical (45%) para a mediana (18%), e desta para a basal (7%). Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Chaim et al. (2000) para a cultura do feijão, em que as perdas de agrotóxico aplicado ficaram em torno de 77%.

A distribuição dos agrotóxicos em culturas de porte arbustivo foi observada em diferentes estádios de crescimento do tomate estaqueado (CHAIM et al., 1999a). De certa forma, pulverizações na cultura do tomate estaqueado servem como exemplo de aplicação de grandes volumes de calda. Os dados são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Distribuição percentual de agrotóxico estimada para a cultura de tomate em campos experimentais de Jaguariúna, SP.

Altura das plantas (cm)	Planta	Solo	Deriva
50	24	39	37
110	35	20	45
160	41	29	30

Fonte: Chaim et al. (1999a).

A Embrapa (1994) desenvolveu um bocal eletrostático para pulverizadores motorizados costais, e Chaim et al. (1999d) realizaram testes comparando duas técnicas diferentes de pulverização na cultura do tomate estaqueado: uma com pulverizador tradicional e outra com pulverizador eletrostático.

Os equipamentos foram calibrados para que aplicassem a mesma dose de ingrediente ativo por hectare. No entanto, com o pulverizador tradicional, o volume de calda aplicado foi de 1.000 L/ha, enquanto o eletrostático aplicou apenas 20 L/ha. Os resíduos encontrados nas diferentes regiões das plantas são apresentados na Tabela 3 a seguir.

Observa-se que, apesar de ter aplicado aproximadamente a mesma quantidade de ingrediente ativo, o pulverizador motorizado costal proporcionou um resíduo médio nas plantas 19 vezes maior do que o proporcionado pelo pulverizador hidráulico convencional.

**Tabela 3.** Resíduos de agrotóxico verificados em diferentes regiões de plantas de tomate estaqueado, tratadas com dois tipos diferentes de pulverizadores.

<b>Região tratada da planta</b>	<b>Pulverizador tradicional (<math>\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}</math>)</b>	<b>Pulverizador costal motorizado eletrostático (<math>\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}</math>)</b>
Inferior	0,11	1,61
Mediana	0,12	2,06
Superior	0,14	2,13
<b>Resíduo médio</b>	<b>0,12</b>	<b>1,93</b>

Fonte: Chaim et al. (1999d).



### Fatores que afetam a eficiência da aplicação

O objetivo principal de uma pulverização é a aplicação da quantidade mínima de ingrediente ativo sobre o alvo para a obtenção de um máximo de eficiência, sem contudo contaminar as áreas adjacentes – não alvo.

Os agrotóxicos devem ser aplicados em áreas atacadas por pragas, doenças e plantas daninhas. O aumento da contaminação do meio ambiente em razão da deriva de produtos químicos tóxicos tem sido motivo de frequentes condenações às pulverizações, principalmente quando os efeitos delas são visíveis.

Em se tratando de determinados inseticidas, os efeitos não são facilmente detectáveis. Porém, no caso da aplicação de alguns herbicidas, como a do 2,4-D, mesmo a quilômetros de distância certas plantas podem exibir sintomas de intoxicação, dada a ação do vento. Por exemplo, resíduos de organofosforados foram detectados no leite de vacas alimentadas nas proximidades de área com ele tratada (MATTHEWS, 1982). As perdas que ocorrem durante as aplicações de agrotóxicos são originadas de um conjunto de causas.

Em pulverizações com grandes volumes de calda, muitas gotas caem em meio às folhagens, especialmente nos espaços entre as plantas, e atingem o solo. Ocorre também de uma grande quantidade de gotas atingirem as folhas, coalescerem e formarem gotas maiores que, por não mais conseguirem ficar retidas, escorrem para as partes inferiores das plantas e, por fim, caem no solo (COURSHEE, 1960).

A pulverização que objetiva molhar totalmente as plantas é muito praticada atualmente, apesar de ter sido “inventada” no século 19. Na prática, o que ocorre nesse tipo de aplicação é o fato de a retenção do produto químico por parte das folhas ser menor do que no caso de a pulverização ser interrompida exatamente antes do início desse

escorrimento. Como tal interrupção dificilmente é conseguida, a quantidade de produto retida nas folhas é proporcional à concentração da calda e independe do volume aplicado. Se o pretendido for reduzir o volume de aplicação, serão necessárias uma produção e uma distribuição adequadas de gotas pequenas, e, nesse caso, as perdas por evaporação e por deriva podem ser acentuadas.

Atualmente, as recomendações contidas nos rótulos das embalagens dos agrotóxicos deixam a seleção do volume de aplicação a critério do aplicador. Algumas delas dão opções de 200 L a 1.000 L de calda por hectare. Na prática, o usuário utiliza um mesmo volume para uma grande variedade de pragas e para os vários estádios de crescimento da cultura. Assim, o volume aplicado pode ser ou excessivo, caso a cultura se apresente com pequena quantidade de folhas, ou insuficiente para fornecer uma boa cobertura, caso as plantas já estejam desenvolvidas (MATTHEWS, 1982).

O volume adequado de agrotóxico a ser aplicado depende do tipo de tratamento que se deseja executar, mas o tamanho das gotas geradas pelos bicos determina a distribuição do agrotóxico no alvo. Apesar disso, pouca atenção tem sido dada ao tamanho delas, e uma grande variedade de bicos tem sido utilizada ao longo dos anos, dos quais a maioria produz um espectro de gotas de tamanhos variados. Em muitos casos, as gotas grandes se chocam com as folhas mais expostas, em virtude disso não conseguem penetrar e ficar retidas nas superfícies “escondidas” do vegetal. Esse choque externo pode se dar em tal intensidade a ponto de fazer que as gotas escorram e se depositem no solo, produzindo, dessa forma, aquilo que se denomina **endoderiva** (ver Glossário).

No caso das gotas pequenas, mais adequadas para a penetração entre as folhas da planta, essas podem ser levadas pelo vento para fora da área tratada e, assim, provocarem a **exoderiva** (ver Glossário). Além disso, gotas pequenas são mais propensas à evaporação.

O tamanho de gota ótimo é, portanto, aquele que promove o máximo de deposição de produto no alvo com um mínimo de contaminação do meio ambiente (HIMEL, 1969; HIMEL; MOORE, 1969).

A contaminação do solo pode provocar grandes variações nas populações de organismos que não são alvos, principalmente aqueles que degradam a matéria orgânica e melhoram a fertilidade. Muitas

vezes, essas perdas são responsáveis por desequilíbrios favoráveis ao aparecimento de novas pragas e doenças. Um solo contaminado pode ser levado pelas águas da chuva para rios, açudes e lagos, e, com isso, colocar em risco não só as populações que vivem nesses sistemas como também os indivíduos que se utilizam dessa água para a sua sobrevivência, como os animais e o próprio homem.

Para compensar perdas havidas durante as aplicações, em geral as dosagens aplicadas são extremamente superestimadas. Por exemplo, Brown (1951) já afirmava que, para matar um determinado inseto, seria necessário apenas 0,0003 mg de um determinado produto; e, para controlar uma população de 1 milhão de indivíduos (capaz de promover dano econômico para a cultura), seriam necessários somente 30 mg do mesmo produto. Apesar disso, nas aplicações efetuadas no campo eram utilizadas mais de 3 mil vezes a dose necessária para obter-se um controle adequado.

A aplicação de agrotóxicos tem sido caracterizada como uma ciência aplicada, de natureza multidisciplinar por envolver conhecimentos de diferentes áreas como biologia, engenharia e química (MATTHEWS, 1982). A necessidade de conhecimentos da biologia está relacionada, principalmente, com os níveis de controle baseados em critérios econômicos como, por exemplo, a densidade crítica de ervas daninhas ou a população máxima de determinados insetos. Os requisitos biológicos determinam parâmetros como nível de concentração dos agrotóxicos, tamanho e número de gotas, os quais podem ainda variar de acordo com o alvo e o modo de ação do produto aplicado, para que se atinja um nível satisfatório de controle (COMBELLACK, 1981).

Vários fatores estão envolvidos na relação entre as gotas e o alvo, os quais, em razão do número dessas interações, determinam a retenção ou a perda do agrotóxico. Entre esses fatores, estão a forma do alvo (JOHNSTONE, 1973), a natureza física da superfície e o ângulo de incidência das gotas em relação à superfície. Os fatores que influenciam o impacto e a retenção das gotas no alvo são o tamanho delas e a pressão com que são pulverizadas, além das condições micrometeorológicas durante a aplicação.

O tipo de formulação do produto, sua viscosidade, bem como o veículo líquido usado na pulverização, também exercem uma importante influência na retenção das gotas pelo alvo (COMBELLACK, 1981).

A eficiência do movimento da gota em direção ao alvo é influenciada tanto pelo processo de aplicação como pelas características da formulação do produto. Nessa fase, a gota é influenciada pelas condições da natureza, como a temperatura, a umidade relativa do ar, a velocidade vertical e horizontal do vento, a turbulência do ar e a pressão atmosférica.

## Influência do alvo biológico

Para maior eficiência da ação dos agrotóxicos, os alvos precisam ser definidos em termos de espaço e de tempo, de modo que a quantidade de produto necessária ao combate de pragas e de doenças possa ser determinada, assim como prevista a sua disponibilidade.

A definição do alvo biológico exige conhecimento da biologia da praga, para que se determine em qual estágio ela é mais suscetível ao agrotóxico.

No caso dos insetos, muitas vezes apenas uma parte da população deles pode estar suscetível num determinado momento, por seu ciclo de vida apresentar vários estágios distintos como, por exemplo, de ovos, de ninfas, de larvas e de pupas. As dificuldades na definição dos alvos levam, portanto, ao uso de produtos químicos mais persistentes.

O conceito de proteção das culturas implica o propósito de redução da população da praga ou de um estágio de seu desenvolvimento, que seja diretamente responsável pelos danos em determinadas culturas. Logo, a proteção da cultura será mais eficiente quando os agrotóxicos forem economicamente aplicados numa escala determinada tanto pela área ocupada pela praga quanto pela urgência com que a população deve ser controlada (MATTHEWS, 1982).

Em muitos casos, o controle tem sido dirigido para o estágio larval dos insetos. Essa prática tem apresentado grande sucesso quando os tratamentos são suficientemente precoces para reduzir a quantidade das larvas de inseto que estão se alimentando. Se o tratamento é tardio, além de ser necessária uma dose maior para controlar a praga, muitos danos já podem ter sido causados. Entretanto, o combate em estágios larvais tem pouco ou nenhum efeito sobre os ovos, as pupas ou os insetos adultos, e pode exigir a repetição dos tratamentos à medida que se desenvolvem outras larvas.

Um exemplo clássico disso ocorre no caso do combate à cochonilha *Orthezia praelonga*, em que a aplicação de um inseticida fosforado pode resultar na mortalidade de 100% dos adultos; embora, depois disso, novos adultos possam ser encontrados, porque esse tipo de praga deposita seus ovos em uma estrutura denominada "ovissaco", a qual fica protegida da ação dos agrotóxicos, e, assim, à medida que os ovos eclodem, surgem novos indivíduos. Nesse caso, o tratamento precisa ser repetido.

Num sistema de manejo de pragas, as informações biológicas devem conter mais que simples descrições do ciclo de vida e fornecer subsídios para a compreensão da ecologia da praga. É necessário conhecer também o movimento da praga nas áreas ecológicas, assim como a relação dela com os diferentes hospedeiros.

Para determinadas espécies de pragas, o alvo pode variar de acordo com:

- a) Estratégia de controle adotada.
- b) Tipo e modo de ação do produto aplicado.
- c) Habitat da praga.
- d) Comportamento da praga.

Descrever cada um dos fatores separadamente é muito difícil, pois eles dependem de suas próprias inter-relações.

O tripes (*Enneothrips flavens*) do amendoim, por exemplo, é uma praga que fica protegida entre os folíolos fechados da planta. Nesse caso, para combatê-la, é necessário empregar um inseticida que apresente um forte efeito irritante, como os piretroides, para desalojar os insetos forçando-os a caminhar sobre as regiões da planta contaminadas com o agrotóxico. Entretanto, as cigarrinhas são pragas que têm o hábito de se movimentar muito pela planta, e, de certa forma, isso facilita o seu controle, mesmo com uma deposição irregular de agrotóxicos sobre as estruturas do vegetal.

No caso das cochonilhas com carapaça, que são insetos imóveis, esses dificilmente sofreriam a ação dos inseticidas de contato. Todavia, a carapaça que os protege da ação do inseticida também pode ser utilizada para matá-los se uma fina camada de óleo emulsionável for aplicada sobre a superfície do vegetal, de modo que impeça a entrada de ar para o interior dessa estrutura e provoque a asfixia dos insetos.

Em se tratando de controle das doenças, deve-se considerar que um patógeno típico de plantas apresenta, basicamente, quatro fases:

- 1) Pré-penetração.
- 2) Penetração.
- 3) Pós-invasão.
- 4) Multiplicação (esporulação e dispersão).

Assim, o ideal seria que o controle fosse feito antes da penetração do hospedeiro na planta, pois é possível que os esporos possam atingir as plantas em uma série de períodos muito curtos, quando as condições favorecem a sua dispersão. A rápida penetração no hospedeiro limita o tempo disponível para a ação efetiva de fungicidas aplicados nas folhas, a menos que um fungicida sistêmico possa interromper o desenvolvimento da fase de invasão. Na maioria dos casos, o fungicida tem de ser aplicado em várias ocasiões para limitar a dispersão da doença. Variações que ocorrem de área para área e de ano para ano dificultam a organização de um plano das aplicações, de maneira que as pulverizações são feitas de forma preventiva para evitar a possibilidade de condições meteorológicas desfavoráveis durante a epidemia.

Quando é possível, os agricultores têm preferido o uso do tratamento profilático das sementes. Entretanto, esse tratamento só é efetivo durante a germinação e depende muito das condições de umidade do solo e do grau de cobertura das sementes.

Para o controle de ervas daninhas, os alvos para os herbicidas podem ser:

- a) Sementes e plântulas próximas do estágio da germinação.
- b) Raízes, rizomas e outros tecidos sob o solo.
- c) Troncos de árvores e arbustos.
- d) Folhagens.
- e) Brotações apicais.

A escolha da técnica de aplicação depende não só do alvo como também da facilidade de penetração e de translocação do herbicida nas plantas. O ideal é o agricultor estar preparado para evitar a germinação das sementes das ervas daninhas com um produto seletivo, de forma que a cultura possa estabelecer-se livre de competição.

Alguns herbicidas de solo devem ser aplicados antes do plantio, pelo fato de sua distribuição no pré-plantio ser muito importante. Isso ocorre quando uma pequena quantidade do produto, normalmente menos do que 5 kg, é distribuída numa camada de 2 cm a 5 cm do solo, em um hectare (MATTHEWS, 1982).

Os herbicidas de pós-emergência devem ser aplicados na superfície do solo, durante a germinação da cultura ou imediatamente após. Um cuidado muito grande deve ser tomado na aplicação dos herbicidas seletivos, pois a seletividade pode não ocorrer se for aplicada uma superdose. Nesse caso, o bico de pulverização deve ser cuidadosamente escolhido para evitar que gotas atinjam a cultura. Frequentemente, é necessário o uso de defletores ou de protetores.

Há, noutros casos, basicamente dois tipos de plantas e de folhagens de erva daninha a serem considerados em se tratando da deposição do herbicida: as folhas estreitas das monocotiledôneas, como os capins; e as folhas largas das dicotiledôneas; haja vista as diferenças consideráveis de detalhes de estruturas nas folhas que afetam a retenção das gotas.

Muitas vezes, o modo de ação do herbicida facilita a sua aplicação, como no caso do glifosato, que é sistêmico e, se for aplicado sobre as folhas, desloca-se para os rizomas e as raízes e mata a planta.

## Manejo integrado de pragas

Se os métodos culturais e biológicos de controle são eficazes, ou se a população da praga não atingiu ainda níveis que justifiquem o custo da aplicação do produto, o uso do agrotóxico não é necessário. Cabe aos técnicos identificar a presença de pragas, de doenças e de plantas daninhas; avaliar se estão ocorrendo a ponto de causar danos econômicos; e orientar caso haja necessidade de intervenção com a pulverização.

O uso incorreto de agrotóxicos para prevenir ou contornar problemas fitossanitários das culturas acaba por causar sérios impactos ambientais; entre os quais as intoxicações ou doenças graves no homem, resistência da praga ao produto, contaminações de solo e de água, morte de inimigos naturais, etc.

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) deve ser praticado sempre que disponível para a cultura (Figura 1). Trata-se de uma filosofia de trabalho direcionada para o controle de pragas agrícolas, que considera, em sua proposta, a aplicação de métodos baseados no estudo da interação praga/planta hospedeira/meio ambiente. Com o MIP, o homem torna-se capaz de acompanhar o nível populacional da praga e de sugerir ações de controle propícias a reduzi-lo e, desse modo, torná-lo aceitável para a produção comercial do produto agrícola.

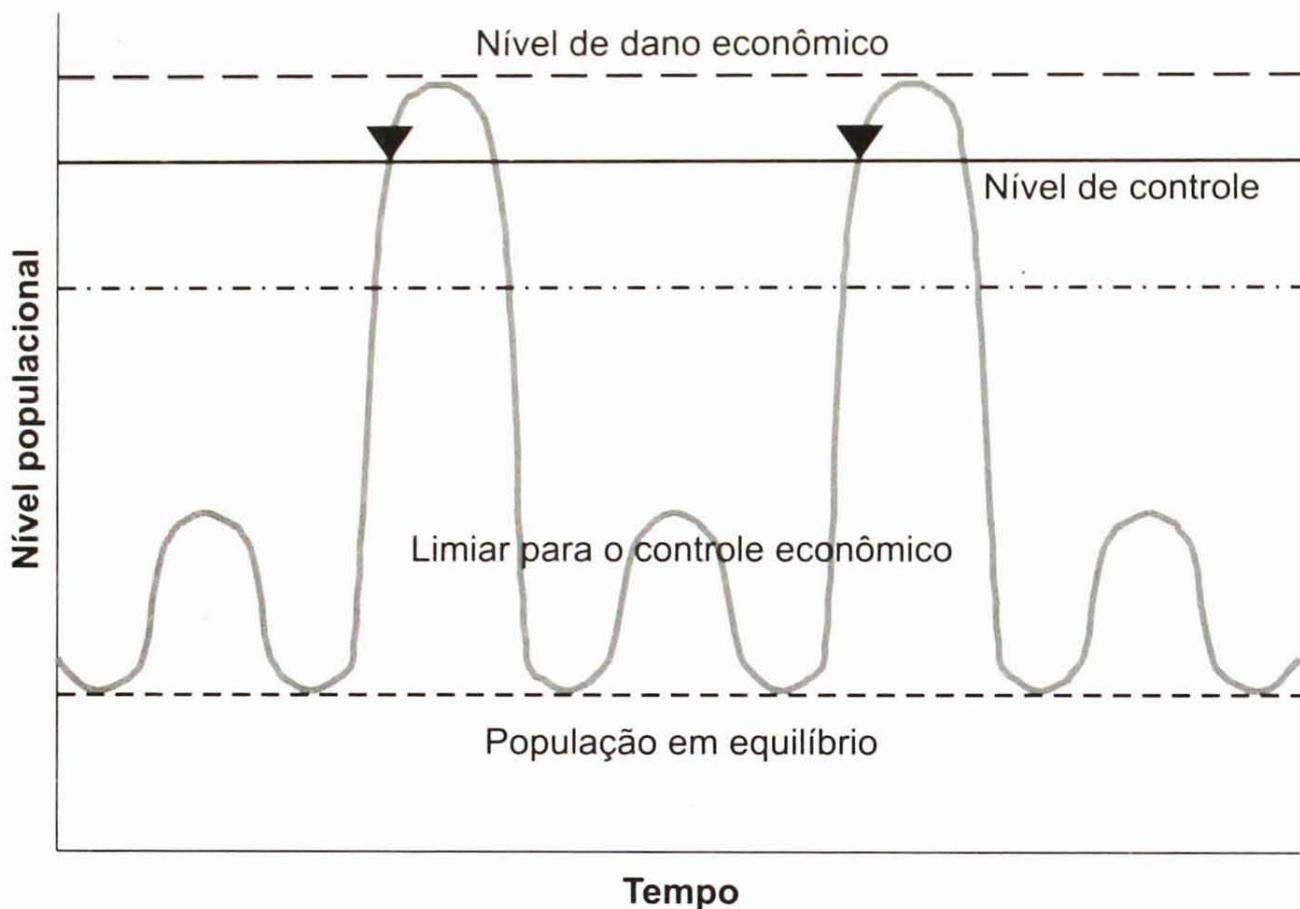


Figura 1. Representação de um modelo de MIP.

O MIP integra aspectos econômicos, sociais, ecológicos e culturais específicos para a região onde será utilizado e, assim, pode existir mais de uma proposta de MIP, até mesmo para uma mesma região. Para fins de um controle ambiental mais seguro, orienta-se a escolha de propostas que tenham como eixo principal o controle biológico natural associado a outras técnicas, tais como o uso de armadilhas de feromônio e de agrotóxicos seletivos, além daquelas relacionadas à remoção de restos culturais e de bordaduras.

No MIP, não basta só a incidência da praga para que o controle químico seja iniciado, pois deve ser avaliado também sob a ótica financeira. O monitoramento da população da praga, evidenciada pelos sintomas de ataque ou de alimentação deixados nas estruturas da planta, indica se é inevitável ou não a sua redução imediata. Além disso, alguns outros indicadores utilizados devem ser avaliados antes de se iniciarem as pulverizações com agrotóxicos.

O limiar econômico (LE) é a densidade populacional da praga que causaria a primeira perda estatística da produção. Outro índice a ser considerado é o nível econômico de dano (NED), pelo qual se estima se a densidade populacional da praga que causaria dano equivaleria ao custo de uma operação de controle. Portanto, se a população atingir o NED, ocorrerá o comprometimento financeiro da produção, além de prejuízos adicionais relacionados aos custos da pulverização dos agrotóxicos. Por essa proposta, portanto, indica-se que a tomada de ação do MIP se orienta pelo LE.

A tecnologia de aplicação de agrotóxicos atualmente empregada é extremamente desperdiçadora e decorre da falta de conhecimentos básicos sobre a multidisciplinaridade e o funcionamento da cadeia dos processos envolvidos nessa ciência aplicada. Soma-se a esse problema a falta de treinamento dos agrônomos, dos agricultores e/ou de outros profissionais ligados à fitossanidade. Uma maior eficiência da aplicação requer seleção correta de equipamento, com bico de pulverização que produza gotas adequadas ao alvo; volume de calda preparada na concentração que permita a deposição de um resíduo ótimo para o controle da praga; precauções com as condições meteorológicas; identificação e conhecimento da biologia do alvo da aplicação; e, principalmente, adoção de uma prática de manejo integrado do problema fitossanitário.

## Pulverização ou geração de gotas

São necessários poucos gramas de ingrediente ativo para controlar os problemas fitossanitários de uma determinada área. Na maioria dos casos, os ingredientes ativos não possuem as características físicas

necessárias para serem aplicados, diretamente, com os equipamentos comerciais. Assim, recebem a adição de uma série de adjuvantes que estabelece uma “formulação”. Numa questão puramente física e matemática, dispõe-se de um pequeno volume a ser espalhado em uma grande área. Dessa forma, a maioria das formulações é desenvolvida para ser diluída novamente em água.

E, mesmo diluída em água, seu volume final é ainda insuficiente, para que o produto químico entre em contato com toda a área da superfície do alvo. É necessário, portanto, aumentar a superfície do líquido para que ele possa ser espalhado uniformemente na área alvo. A única maneira de se aumentar a superfície do líquido, para que ele possa ser distribuído uniformemente numa grande área, é dividindo-o em partículas líquidas denominadas gotas.

O número de gotas que podem ser produzidas com um determinado volume de líquido é inversamente proporcional ao seu diâmetro elevado ao cubo. De acordo com Matthews (1982), o número médio de gotas que se depositam por centímetro quadrado em uma superfície plana pode ser calculado por:

$$n = \frac{60}{\pi} \times \left( \frac{100}{d} \right)^3 \times Q \quad (1)$$

em que:

$n$  = número médio de gotas que se depositam por  $\text{cm}^2$ ;

$d$  = diâmetro da gota ( $\mu\text{m}$ ); e

$Q$  = L/ha (litros por hectare).

Assim, a densidade teórica de gotas do mesmo tamanho obtida quando se pulveriza 1 L/ha, considerando-se que a superfície seja plana, é dada na Tabela 4.

**Tabela 4.** Densidade teórica de gotas quando se pulveriza um litro por hectare.

<b>Diâmetro das gotas (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Nº de gotas (por <math>\text{cm}^2</math>)</b>
10	19.999
20	2.387
50	153
100	19
200	2,4
400	0,298
1.000	0,019

## Tamanho das gotas

As pulverizações produzem um grande número de gotas: pequenas esferas de líquido, das quais a maioria é menor que 0,5 mm.

Conforme afirmado anteriormente, o tamanho das gotas é muito importante para que os agrotóxicos sejam aplicados eficientemente com um mínimo de contaminação do meio ambiente. Daí as pulverizações dos agrotóxicos serem normalmente classificadas de acordo com o tamanho das gotas (Tabela 5).

**Tabela 5.** Classificação das pulverizações conforme o tamanho das gotas.

<b>Diâmetro mediano volumétrico (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Classificação da pulverização</b>
<50	Aerossol
51–100	Neblina
101–200	Pulverização fina
201–400	Pulverização média
>400	Pulverização grossa
>500	Garoa

A pulverização aerossol é adequada para combate sob deriva, contra insetos voadores. As pulverizações aerossóis, com gotas de 30  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$  e neblina, são ideais para tratamento de folhagens em aplicações

com volumes ultrabaixos – menos de 5,0 L/ha. Se é preciso reduzir a deriva, a pulverização média e a pulverização grossa são as mais adequadas, independentemente do volume aplicado. A pulverização fina é adequada quando necessário um ajuste entre reduzir a deriva e promover uma boa cobertura.

O tamanho das gotas é expresso como um diâmetro de uma gota em voo, medido em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) – um micrômetro é 1/1000 mm. Quando se chocam com os alvos, as gotas se espalham e deixam de ser uma esfera, e, assim, fornecem uma falsa impressão do seu tamanho original. A intensidade do espalhamento depende da formulação e da natureza da superfície do alvo.

A maioria dos dispositivos usados para a pulverização não consegue produzir gotas de um único tamanho. Há, portanto, numa pulverização convencional, uma variação do tamanho das gotas referido como “espectro de gotas”, e é importante compreendê-lo em sua relação com recuperação pelo alvo.

Os espectros de gotas são categorizados de acordo com o tamanho médio de suas partículas. Os dois padrões internacionais utilizados para defini-los são o diâmetro mediano volumétrico (VMD) e o diâmetro mediano numérico (NMD).

## Parâmetros de tamanho das gotas – VMD e NMD

O parâmetro mais comum para expressar o tamanho das gotas é o diâmetro mediano volumétrico (VMD). Nesse caso, soma-se o volume de todas as gotas de uma amostra representativa, e o VMD será o diâmetro da gota que dividirá a amostra em duas partes iguais, de maneira que metade do volume seja composto por gotas menores que o VMD, e metade por gotas maiores que ele. Nesse parâmetro, umas poucas gotas grandes podem ser responsáveis por uma enorme proporção do volume total da amostra, e isso aumenta o valor do VMD, que, sozinho, não serve para indicar a variação do tamanho das gotas.

Assim, um outro parâmetro, o do diâmetro mediano numérico (NMD), divide a amostra de gotas em duas partes iguais pelo número, sem referência aos seus volumes, de maneira que metade do número de gotas seja menor que o NMD, e metade maior. Esse parâmetro enfatiza as gotas menores, as quais quase sempre estão em maiores proporções

numa amostra. Pelo fato de o VMD e o NMD serem afetados por proporções de gotas grandes e de gotas pequenas, respectivamente, a relação entre os dois parâmetros é utilizada para expressar o grau de uniformidade dos tamanhos. A relação entre VMD e NMD fornecerá, pois, um indicativo da uniformidade do espectro, de modo que o tamanho das gotas será mais uniforme quanto mais próxima de 1 estiver essa relação.

A determinação do VMD e do NMD consome muito tempo pelo fato de requerer a coleta e a mensuração de um grande número de gotas. Existem métodos de medição que usam tecnologia laser, que ainda é muito cara e restrita a alguns laboratórios ou estabelecimentos de pesquisa europeus ou americanos. Apesar disso, para a maioria das operações comerciais, tem sido empregada a seguinte equação:

$$\text{VMD} = 0,45 \times D_{\text{max}} \quad (2)$$

em que  $D_{\text{max}}$  é o diâmetro da maior gota, e é importante utilizar uma amostra suficientemente grande para obter o seu valor.

Embora forneçam apenas uma pequena indicação da variedade de gotas, o VMD e o NMD são medidas úteis para a caracterização das pulverizações, mesmo porque não há um outro meio para quantificá-las. Além disso, a relação VMD/NMD é muitas vezes utilizada como uma referência, pois, como um pequeno número de grandes gotas contém mais líquido que um grande número de pequenas gotas, o VMD será sempre maior que o NMD. Essa relação dá uma indicação da variação do tamanho das gotas.

## Relação entre o tamanho das gotas e o alvo de aplicação

Existe uma diversidade muito grande de alvos para as aplicações de agrotóxicos. Como os agrotóxicos são biologicamente muito ativos, a eficiência da aplicação pode ser melhorada, se selecionado um tamanho ótimo de gota para aumentar a quantidade de produto que atinge o alvo e a ele adere. É necessário pesquisar para definir o tamanho ótimo de gota para cada tipo de alvo, entretanto Matthews (1982) apresenta uma tabela com algumas generalizações (Tabela 6).

**Tabela 6.** Tamanho ótimo de gotas para alguns tipos de alvo.

<b>Alvos</b>	<b>Tamanho de gotas (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Insetos em voo	10–15
Insetos em folhagem	30–50
Folhagens	10–100
Solos ou redução de deriva	250–500

Fonte: Matthews (1982).

A seleção do tamanho das gotas deve ser bastante criteriosa. Por exemplo, supondo-se que uma gota de 50  $\mu\text{m}$  possui a dose letal de certo inseticida para determinado inseto, uma gota de 200  $\mu\text{m}$  teria uma dose 64 vezes maior. Mas se as duas gotas fossem perdidas, a maior desperdiçaria 64 vezes mais produto que a menor.

## Coleta das gotas pelos alvos

As gotas são coletadas na superfície dos insetos ou das plantas por dois processos: sedimentação ou impacto, dos quais este último é mais importante para gotas aerossóis (<50  $\mu\text{m}$ ).

A deposição por impacto é proporcionada por uma interação complexa do tamanho e da velocidade das gotas com o tamanho do alvo. Em geral, a eficiência da coleta aumenta, proporcionalmente, com o aumento da velocidade relativa e do tamanho da gota, e diminui à medida que aumenta o tamanho do alvo. Submetida à ação de um fluxo de ar constante, uma gota de 10  $\mu\text{m}$  conseguiria desviar-se de uma laranja colocada na sua trajetória; mas provavelmente não conseguiria desviar-se de um fino fio de cabelo.

Nas folhas, o impacto das gotas depende da posição da superfície da folha em relação à trajetória das gotas. Grande parte das gotas é coletada por folhas balançando sob a ação da turbulência do ar. Entretanto, se a velocidade do vento for muito grande – e isso ocorre frequentemente em pulverizações com equipamentos que produzem correntes de ar em alta velocidade –, a folha pode assumir uma posição paralela ao jato de ar, de forma que apresente uma área mínima para interceptar as gotas.

O tipo de superfície dos alvos pode afetar sensivelmente a deposição, como é o caso das pilosas ou serosas, que não conseguem reter as gotas. Quando isso ocorre, é necessário adicionar na calda de pulverização algum produto que reduza a tensão superficial para melhorar o molhamento, ou o espalhamento, bem como a adesão das gotas às folhas.

## Densidade da deposição

Quando se pratica a pulverização com grandes volumes de calda, a intenção é promover uma cobertura completa das plantas, e isso nem sempre é conseguido. Para a redução do volume de aplicação, é preciso aplicar gotas de forma dispersa, e, exceto em poucos casos, o controle não tem sido tão bom como o obtido com a aplicação de grandes volumes.

Para a aplicação de pequenos volumes de calda, é necessário conhecer a densidade, a distribuição e o tamanho das gotas que se depositam no alvo, de maneira que a quantidade do ingrediente ativo do agrotóxico seja suficiente para um controle efetivo do problema fitossanitário.

Na aplicação de produtos sistêmicos, a distribuição de gotas não influencia o resultado do controle, porque o produto é absorvido pelas plantas e redistribuído pelo seu sistema de circulação de seiva. Entretanto, quando o produto tem ação de contato, a densidade e a distribuição afetam sensivelmente o resultado do controle.

Insetos que apresentam grande mobilidade – como as cigarrinhas e algumas espécies de lagartas – podem ser facilmente controlados sem uma cobertura completa dos alvos. Mas, para o controle de insetos minadores de folhas e de algumas espécies de cochonilhas, a cobertura tem de ser bastante uniforme. Alguns trabalhos têm demonstrado ser necessária a deposição de uma gota, com pelo menos 100  $\mu\text{m}$  de VMD, por milímetro quadrado de folha, para o controle de uma determinada cochonilha em citros. O controle de doenças fúngicas sem uma cobertura completa pode parecer impossível caso a hifa do fungo penetre na folha no local da deposição do esporo. Entretanto, Matthews (1982) reportou que cada gota possui uma zona de influência fungicida, de modo que, se as gotas estiverem distribuídas dentro de distâncias adequadas, a proteção será muito boa.

## Dinâmica das gotas

A deposição das gotas de agrotóxicos sobre um alvo definido está sujeita a uma série de influências de parâmetros. Embora as influências relativas à velocidade do vento e à temperatura possam ser parcialmente controladas pela escolha do momento da aplicação, outras como a estabilidade atmosférica, a turbulência, a umidade relativa e a eficiência de coleta de gotas pela cultura estão fora de controle.

Associado à atual geração de produtos químicos, de equipamentos e de técnicas, o conhecimento do mecanismo dessas influências auxilia no planejamento das aplicações para obtenção de máxima eficiência.

## Trajectoria

Durante a pulverização, as gotas passam por alguns tipos de influência, que determinam se elas atingem o alvo ou se são levadas à deriva. A importância relativa dessas influências dependerá do tipo da aplicação, do sistema de pulverização e das condições micrometeorológicas no momento da aplicação.

**Influência do equipamento** – A sedimentação das gotas é afetada pela velocidade com que elas são projetadas para o alvo, pela turbulência criada pelo próprio jato, ou pelo vento provocado pelo equipamento.

**Influência do microclima** – A partir do momento em que a gota está livre da influência do equipamento, ela será afetada pelas condições de turbulência e de ventos predominantes. Dependendo da velocidade do vento e da altura da cultura, as turbulências podem ser maiores, iguais ou menores que a velocidade média de sedimentação do espectro das gotas. Dentro das culturas, com exceção das florestas onde a folhagem é densa, a velocidade média do vento é muito baixa, e as gotas de tamanho superior a 45  $\mu\text{m}$  tendem a sedimentar-se sobre as superfícies.

Em todos os estágios da trajetória das gotas, o tamanho delas sofrerá uma diminuição em virtude da evaporação, e, nesse caso, a temperatura e a umidade relativa devem ser consideradas, principalmente no caso de pulverizações à base de água. Como será indicado posteriormente, isso é mais significativo para gotas menores que 150  $\mu\text{m}$ .

O objetivo do estudo da dispersão das gotas é compreender a interação de todos esses processos, para fazer previsões dos depósitos sobre os alvos, não alvos e da deriva. Algumas discussões sobre dispersão de gotas e de particulados envolvem alguns conhecimentos de aspectos fundamentais em Física.

## Evaporação

A evaporação ocorre em duas circunstâncias: quando a energia é transportada para uma superfície em evaporação e quando a pressão de vapor do ar estiver abaixo de um valor de saturação. A pressão de vapor saturado aumenta com a temperatura. A variação do estado de líquido para vapor requer energia para ser gasta na expansão das atrações intermoleculares das partículas de água. Essa energia é geralmente fornecida pela radiação solar e suplementada pela remoção de calor do meio envolvente, mas a evaporação causa uma aparente perda de calor e uma conseqüente queda de temperatura. O calor latente de vaporização para evaporar 1 g (um grama) de água em 0 °C é de 600 cal.

A taxa de evaporação depende de uma série de fatores, dos quais os mais importantes são a diferença entre a pressão de saturação de vapor da água e a pressão de vapor do ar, bem como a existência de um fornecimento contínuo de energia para a superfície. A velocidade do vento pode também afetar a taxa de evaporação, pois o vento é geralmente associado à importação de ar fresco e não saturado, o qual absorverá a umidade disponível.

Numa pulverização, a perda de líquido por evaporação depende muito da temperatura e da umidade relativa, mas também da composição da calda e do tamanho das gotas. A temperatura e a umidade relativa são incontroláveis e podem ser alteradas apenas pela seleção do momento da aplicação, de acordo com as variações diurnas do local da aplicação. As gotas grandes – de tamanho superior a 150  $\mu\text{m}$  – caem relativamente rápido e não são significativamente afetadas pela evaporação quando se pulveriza com aeronaves em voo de até 3 m de altura, ou com pulverizadores tratorizados de barra, para aplicação em culturas rasteiras.

Contudo, à medida que o tamanho das gotas diminui ocorre um rápido aumento na relação entre a área de superfície e o volume delas e,

consequentemente, da taxa de evaporação. Para complicar o problema, a velocidade de sedimentação – ou velocidade terminal – também diminui à proporção que as gotas ficam menores. Isso indica que o tempo para a gota atingir a cultura fica mais longo, o que aumenta, por sua vez, o tempo disponível para a evaporação. Se a evaporação atingir o ponto em que o líquido evapora totalmente, uma partícula de resíduo do material ativo ficará flutuando no ar e poderá ser levada, à deriva, a distâncias consideráveis, antes de se depositar. A Tabela 7 apresenta o tempo de vida e a distância de queda das gotas, em ar parado, em diferentes condições de temperatura e de umidade relativa.

**Tabela 7.** Tempo de vida e distância de queda de gotas em ar parado, em diferentes condições de temperatura e de umidade relativa.

Tamanho original da gota ( $\mu\text{m}$ )	T=20 °C $\Delta\text{T}=2,2^{(1)}$ UR=80%		T=25 °C $\Delta\text{T}=4,0$ UR=72%		T=30 °C $\Delta\text{T}=7,7$ UR=50%	
	t=(s) <sup>(2)</sup>	D=(m) <sup>(3)</sup>	t= (s)	D=(m)	t=(s)	D=(m)
30	5	0,07	3	0,4	1	0,02
50	14	0,30	8	0,29	4	0,15
70	28	2,05	15	1,13	8	0,58
100	57	8,52	31	4,69	16	2,44
150	128	43,14	70	23,73	37	12,33
200	227	136,36	125	75,00	65	38,96
300	511	690,34	281	379,69	146	197,24
400	909	2.181,81	500	1.200,00	290	623,37

<sup>(1)</sup>  $\Delta\text{T}$  = diferença de temperatura entre termômetros de bulbo seco e úmido.

<sup>(2)</sup> t = segundos.

<sup>(3)</sup> D = metros.

Pode ser observado que, à medida que aumenta a diferença entre as temperaturas dos termômetros de bulbo seco e úmido (depressão psicrométrica), também a taxa de evaporação aumenta consideravelmente.

A evaporação de gotas pode ser considerada o principal fator determinante da eficiência da aplicação de agrotóxicos. Isso ocorre, em parte, porque a eficiência da aplicação é inversamente relacionada

ao tamanho das gotas; ou seja, a maioria das pesquisas indica que a eficiência das aplicações aumenta à medida que se empregam gotas de tamanhos muito pequenos.

Alguns pesquisadores afirmam que a eficiência é maior quando as gotas têm menos do que 100  $\mu\text{m}$  de VMD, e isso não só no controle de pragas e doenças, mas também na aplicação de herbicidas. Na prática, quando se empregam caldas diluídas em água, as pulverizações com gotas menores que 60  $\mu\text{m}$  evaporam tão rapidamente que seria impossível utilizá-las sob determinadas condições micrometeorológicas.

Um dos fatores que afetam a evaporação das gotas é sua área de contato com o ar. A área de superfície de um líquido aumenta em grandes proporções quando ele é quebrado em gotas.

A área de superfície de uma esfera é dada pela seguinte equação:

$$S = 4.\pi.r^2 \quad (3)$$

em que:

S = área da superfície da esfera e

r = raio da esfera.

O volume de uma esfera é dado por:

$$V = \frac{4}{3} \pi.r^3 \quad (4)$$

em que:

V = volume e

r = raio.

A relação superfície/volume é calculada por:

$$\frac{S}{V} = \frac{4.\pi.r^2}{\frac{4}{3}.\pi.r^3} = \frac{3}{r} \quad (5)$$

Com esta última equação pode ser observado que, à medida que se diminui o diâmetro das gotas, a relação superfície/volume aumenta,

o que contribui para a aceleração da evaporação. A Tabela 7 ilustra o tempo de vida e a distância de queda de gotas de diferentes tamanhos, em diferentes condições de temperatura e umidade relativa. O tempo de vida é calculado pela seguinte fórmula:

$$t = \frac{d^2}{80 \times \Delta T} \quad (6)$$

em que:

t = tempo de vida em segundos;

d = diâmetro das gotas ( $\mu\text{m}$ ); e

$\Delta T$  = diferença de temperatura entre termômetros de bulbo seco e úmido ( $^{\circ}\text{C}$ ).

A distância de queda é calculada pela seguinte fórmula:

$$D = \frac{1,5 \times 10^{-3} \times d^4}{80 \times \Delta T} \quad (7)$$

em que:

D = distância de queda (cm) e

d = diâmetro das gotas ( $\mu\text{m}$ ).

Sob condições tropicais, a velocidade com que as gotas diminuem de tamanho é muito grande. Assim, Johnstone e Johnstone (1977) recomendam que as pulverizações de formulações à base de água, de 20 L/ha a 50 L/ha, e com 200  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$ , devem cessar quando  $\Delta T$  – diferença entre as temperaturas de bulbo úmido e seco de um psicrômetro – exceder 8  $^{\circ}\text{C}$ , ou a temperatura do bulbo seco exceder 36  $^{\circ}\text{C}$ .

Uma gota em queda livre atinge uma velocidade constante – velocidade terminal – quando as forças do arrasto aerodinâmico contrabalançam a força gravitacional. No caso de gotas usadas normalmente em pulverizações agrícolas, essa velocidade é atingida dentro de 2 m do ponto de emissão. Em se tratando de pequenas gotas (de 20  $\mu\text{m}$  a 60  $\mu\text{m}$ ), a aplicação da lei de Stokes é precisa, mas, para as gotas grandes, o desvio se torna significativo, e a sedimentação atual é resultado de um número complexo de fatores: tamanho, forma e escoamento interno.

Ao caírem no ar, as grandes gotas tornam-se achatadas e apresentam uma área frontal maior que a de uma esfera do mesmo volume. Esse efeito pode reduzir o arrasto e aumentar a velocidade de sedimentação. A densidade e viscosidade do ar também afeta a velocidade de sedimentação.

A Tabela 8 mostra as velocidades terminais para as diferentes faixas de tamanhos de gotas normalmente encontrados para líquidos com densidade igual a 1. Para líquidos com densidade muito diferente de 1, a equação de Stokes, a seguir apresentada, pode ser usada:

$$V_s = \frac{g \times \rho \times d^2}{18 \times \eta} \quad (8)$$

em que:

$V_s$  = velocidade de sedimentação ( $\text{ms}^{-1}$ );

$g$  = aceleração gravitacional em ( $\text{ms}^{-2}$ );

$\rho$  = densidade da gota ( $\text{kg m}^{-3}$ );

$d$  = diâmetro das gotas (m); e

$\eta$  = viscosidade do ar ( $\text{Ns m}^{-2}$ ).

Por essa equação, a velocidade é proporcional ao quadrado do diâmetro.

**Tabela 8.** Velocidade terminal de gotas de diferentes tamanhos.

Tamanho das gotas ( $\mu\text{m}$ )	Velocidade de sedimentação ( $\text{m.s}^{-1}$ )
20	0,012
40	0,047
60	0,102
80	0,175
100	0,270
120	0,355
160	0,536

Continua...

**Tabela 8.** Continuação.

<b>Tamanho das gotas (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Velocidade de sedimentação (<math>\text{m}\cdot\text{s}^{-1}</math>)</b>
200	0,705
250	0,940
300	1,150
350	1,200
400	1,630
500	2,080

Fonte: Quantick (1985).

O conhecimento da velocidade terminal de queda de uma gota é importante porque, quanto menor o tamanho dela, mais tempo ela gastará para depositar-se e, durante esse período, ficará sujeita à ação da evaporação e do arraste pelo vento para fora da área-alvo, originando a “deriva”.

O movimento perigoso do produto químico para fora da área intencionada (deriva) origina-se do fato de, após serem emitidas pelo bico de pulverização, as gotas flutuarem no vento por um determinado período. As gotas pequenas – que apresentam maior relação da superfície/peso e menor velocidade de queda – apresentarão, conseqüentemente, maior distância de deriva. Quantick (1985) apresenta uma tabela que indica a distância de deriva de gotas de diferentes tamanhos (Tabela 9).

**Tabela 9.** Distância da deriva de gotas liberadas a 3 m de altura, num vento com velocidade constante de 1,34 m por segundo, considerando-se que não ocorra evaporação.

<b>Diâmetro da gota (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Distância da deriva (m)</b>
500	2,1
200	4,9
100	15,25
30	152,50
15	610,00

Fonte: Quantick (1985).

O perigo da deriva é proporcionado pela possibilidade de o produto químico aplicado atingir outras culturas, e sua extensão depende, evidentemente, da toxicidade do produto aplicado. Além disso, a deriva causa perda do produto e reduz a eficiência da aplicação.

## Processos de geração de gotas

Todos os pulverizadores têm três pontos em comum:

- a) Armazenam o líquido em um recipiente ou “tanque”.
- b) Apresentam um sistema de alimentação por gravidade ou bombas de pressão.
- c) Necessitam de bicos de pulverização.

O bico do pulverizador é, precisamente, o final de um conduto pelo qual o líquido emerge na forma de jato. Neste capítulo, em particular, o termo bico é usado com um sentido mais amplo e pode ser qualquer dispositivo pelo qual o líquido é emitido, quebrado em gotas e dispersado a uma determinada distância.

O propósito geral da pulverização é aumentar a área de superfície de uma massa líquida para facilitar a ação de determinados processos físicos ou químicos. Na agricultura, o processo pode consistir em dispersar um volume de líquido num determinado volume de ar muito maior, ou em dispersar o volume numa grande área, de maneira que a área de superfície expandida do líquido seja transferida para a outra área.

A pulverização, ou a quebra do líquido em gotas, é, primeiramente, função da aplicação de uma força maior que a força de tensão superficial do líquido, para criar uma superfície extremamente expandida na forma de gotas. Esse fenômeno demanda energia, e o dispositivo usado para pulverizar o líquido – o bico – tem, na maioria dos casos, sua potência fornecida por máquinas.

De acordo com a fonte de energia para produção de gotas, os bicos de pulverização têm sido classificados em:

- a) Bicos de energia centrífuga ou bicos centrífugos.
- b) Bicos de energia gasosa ou bicos pneumáticos.

- c) Bicos de energia elétrica ou bicos eletro-hidrodinâmicos.
- d) Bicos de energia hidráulica ou bicos hidráulicos.

## Bicos centrífugos

Os bicos hidráulicos caracterizam-se por serem baratos e de fácil fabricação, e isso tem contribuído para sua ampla utilização na agricultura. Todavia, produzem gotas com espectro pouco uniforme, ou seja, gotas com tamanho bastante variado. Por produzirem gotas com faixa de tamanho bastante estreita, os bicos de energia centrífuga surgiram como uma alternativa aos bicos hidráulicos atualmente empregados (Figura 2).

Nesse sistema, o líquido é lançado no centro de um disco rotativo, o qual promove o seu espalhamento, pela ação da força centrífuga, para a borda, na qual são formadas as gotas. Sob ação de ondas aerodinâmicas, a delgada lâmina de líquido presente na borda do disco se transforma, a princípio, em finos filamentos e, subseqüentemente, em gotas.

O diâmetro das gotas produzidas depende diretamente da vazão e inversamente da rotação, ou seja, quanto maior a vazão maior o tamanho das gotas; quanto maior a rotação menor o tamanho delas. Como as gotas são projetadas em direção perpendicular à borda do disco, a penetração delas no interior das plantas é muito prejudicada.

Na Europa, esse tipo de bico tem sido utilizado para a fabricação de equipamentos que são empregados, na maioria dos casos, na aplicação de herbicidas.

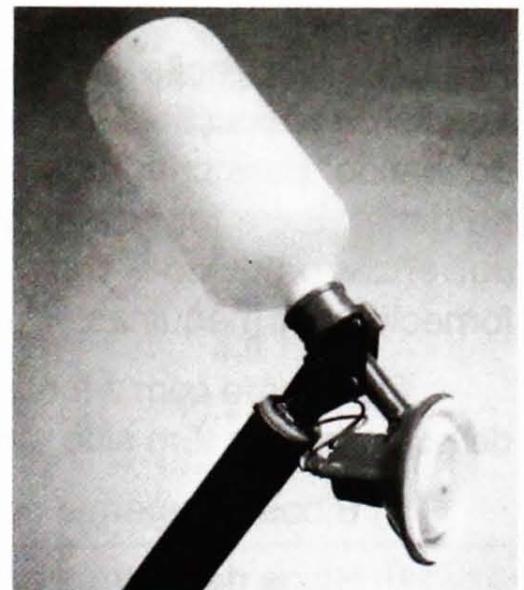
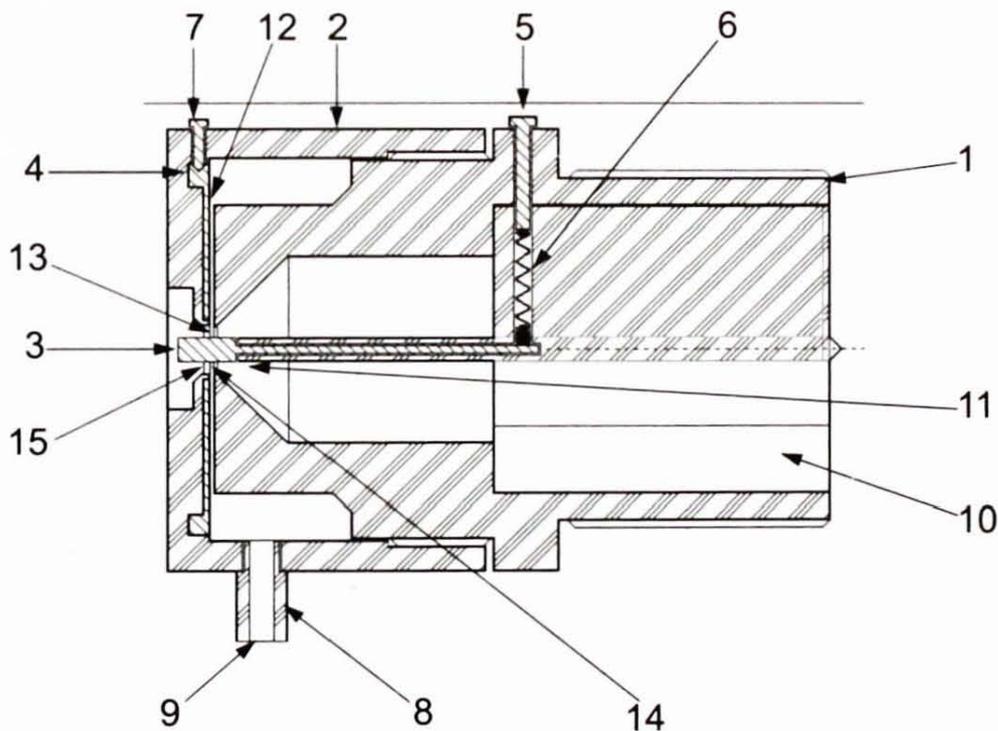


Foto: Aldemir Chaim

**Figura 2.** Pulverizador manual com bico centrífugo.

## Bicos pneumáticos

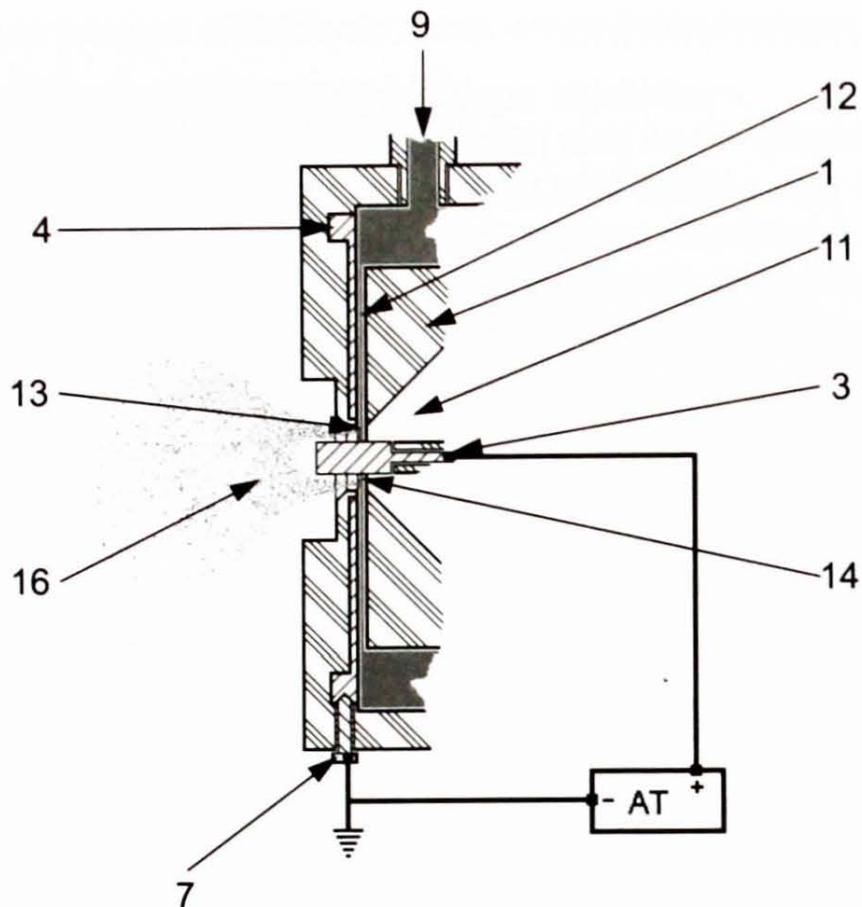
Analisando-se os dois processos de produção de gotas já descritos, observa-se que ambos têm duas características básicas comuns, entre as quais a primeira é transformar o líquido numa lâmina muito fina, e a segunda, promover a aceleração dessa lâmina até uma velocidade muito grande, de tal maneira que o choque do líquido, em alta velocidade, com o meio gasoso da atmosfera relativamente parado, provoque a sua ruptura em gotas (Figuras 3 e 4). Pode-se dizer, assim, que as gotas são formadas pela diferença relativa de velocidade entre o líquido e o ar.



- |   |   |
|---|---|
| (1) Corpo do bico.                              | (8) Tubo de alimentação para líquido.           |
| (2) Capa de pulverização.                       | (9) Entrada de líquido.                         |
| (3) Eletrodo de indução.                        | (10) Entrada de ar sob pressão.                 |
| (4) Eletrodo de aterramento.                    | (11) Direção do deslocamento do ar comprimido.  |
| (5) Parafuso de conexão de cabo de alta tensão. | (12) Fenda interna de escoamento de líquido.    |
| (6) Mola de conexão.                            | (13) Fresta anular de emergência do líquido.    |
| (7) Parafuso de conexão do cabo de aterramento. | (14) Orifício de escape de ar do corpo do bico. |
|   | (15) Orifício da capa de pulverização.          |

**Figura 3.** Desenho de um corte lateral do bico pneumático eletrostático, desenvolvido para aplicação de inseticidas biológicos em florestas de eucalipto.

Fonte: Chaim et al. (1999b).



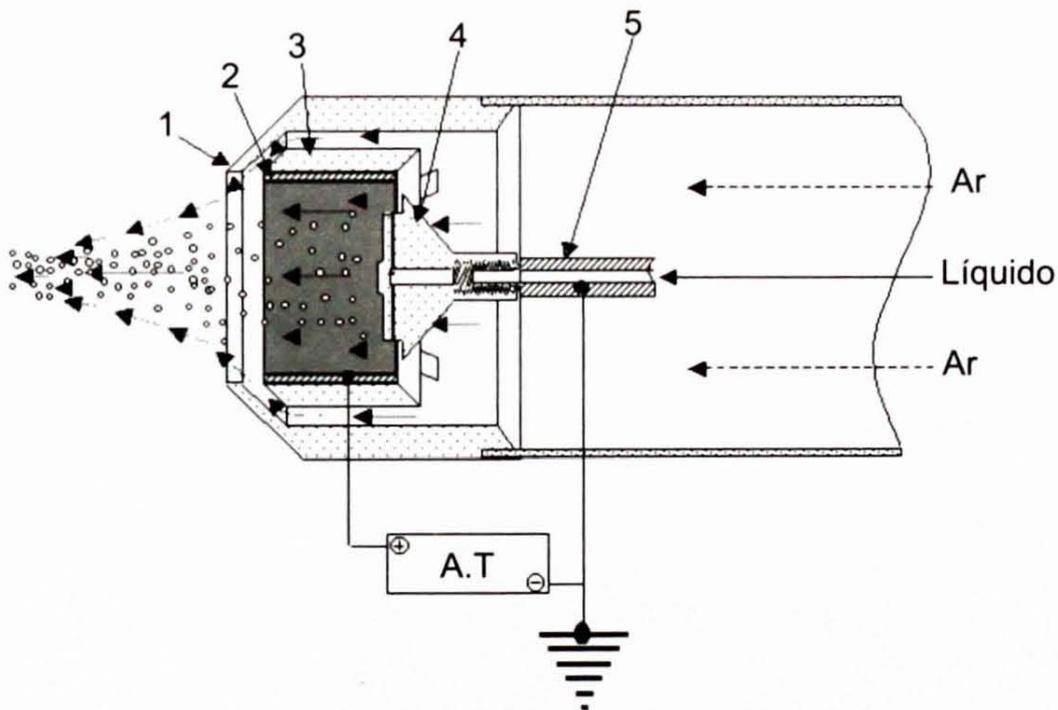
- (1) Corpo do bico.
- (3) Eletrodo de indução.
- (4) Eletrodo de aterramento.
- (7) Parafuso de conexão do cabo de aterramento.
- (9) Mangueira de admissão de líquido.
- (11) Direção do deslocamento do ar comprimido.
- (12) Fenda interna de escoamento de líquido.
- (13) Fresta anular de emergência do líquido.
- (14) Orifício de escape de ar do corpo do bico.
- (16) Gotas com carga eletrostática.

**Figura 4.** Detalhe do funcionamento do bico pneumático eletrostático.

Fonte: Chaim et al. (1999b).

Partindo-se dessa premissa, outra maneira de gerar gotas seria pelo aumento da velocidade do ar em relação ao líquido. E é exatamente esse o princípio empregado nos bicos pneumáticos, cuja invenção é muito antiga, pois, conforme descrito por Rose (1963), um inventor pediu patente para um dispositivo que utilizava esse processo em 1845, o qual foi muito utilizado em aplicações de agrotóxicos no fim do século 19.

Atualmente existem vários tipos de bicos pneumáticos, mas seu maior emprego tem sido em processos industriais como: combustão de líquidos inflamáveis para fornalhas, motores a pistão; motores e foguetes a jato; evaporadores e secadores (leite em pó); umidificadores e pistolas de pinturas. Na agricultura, esse tipo de bico tem sido utilizado, basicamente, em alguns modelos de pulverizadores motorizados costais (Figura 5) e em determinados tipos de equipamentos tratorizados, como os "canhões". Recentemente, foi lançado nos Estados Unidos um bico pneumático do tipo leque para aplicação de herbicidas.



- (1) Saída do ar.
- (2) Eletrodo de indução.
- (3) Suporte de sustentação do eletrodo de indução.
- (4) "Margarida".
- (5) Tubulação de condução do líquido.

**Figura 5.** Bocal pneumático eletrostático de baixa pressão, para uso em pulverizadores costais motorizados.

Fonte: Chaim et al. (2002).

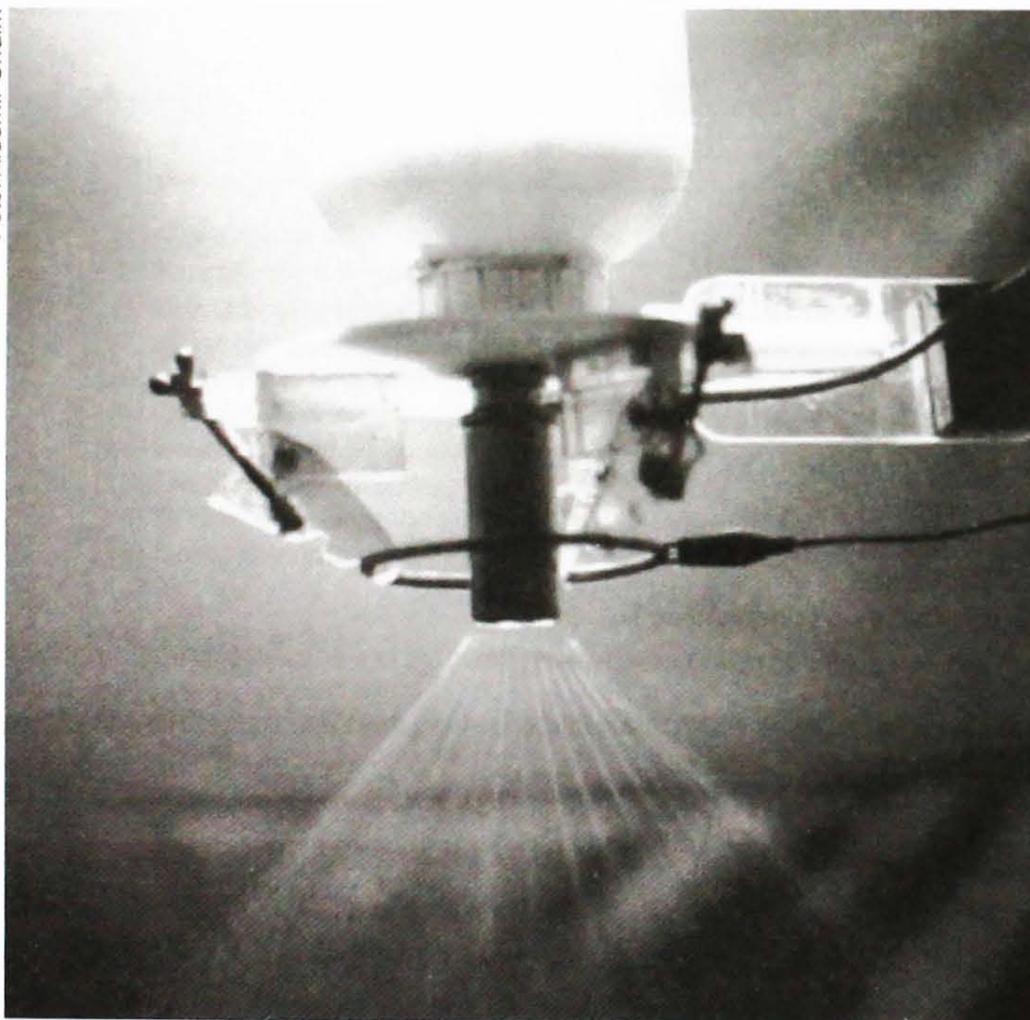
## Bicos eletro-hidrodinâmicos

Apesar de a pulverização eletro-hidrodinâmica ser empregada desde a década de 1960 em processos de pintura eletrostática e, mais

recentemente, em impressoras a jato de tinta para computadores, o seu uso na agricultura só foi possível com o desenvolvimento do "Electrodyn", projetado por Coffee (1979), com o suporte da multinacional inglesa Imperial Chemical Industries para desenvolvimento das formulações adequadas ao processo.

No Brasil, Chaim (1984) desenvolveu um protótipo manual (Figura 6) testado com sucesso no controle de tripes em amendoim, usando, para isso, uma formulação especial de deltametrina. A importância de se incluir esse processo de geração de gotas neste capítulo deve-se ao fato de ele ser extremamente revolucionário. É praticamente desconhecido do público, mas apresenta um futuro muito promissor na redução dos desperdícios que ocorrem nos processos hidráulicos comuns.

Foto: Aldemir Chaim



**Figura 6.** Bico eletro-hidrodinâmico ilustrando os ligamentos líquidos que se transformam em gotas durante a pulverização.

No processo eletro-hidrodinâmico, utiliza-se um método denominado indução eletrostática, no qual o líquido é submetido a um intenso campo eletrostático que promove o aparecimento de cargas na sua superfície, as quais produzem força cujo sentido é oposto ao da força da tensão superficial.

Quando a força decorrente das cargas é superior à força da tensão superficial do líquido, ocorre uma instabilidade hidrodinâmica na superfície que provoca o aparecimento de pequenas cristas, das quais são formadas as gotas. Num bico de geometria cilíndrica, o campo eletrostático criado organiza-se em linhas de força com simetria radial e promove o surgimento de dezenas de cristas que, por sua vez, dão origem a finos filamentos líquidos num padrão de cone vazio. Na extremidade de cada um desses filamentos, as cargas se acumulam com maior intensidade, e, quando atingem um nível crítico, o líquido se rompe em gotas.

Como o campo eletrostático e a tensão superficial são constantes, assim como o é também a taxa de escoamento de líquido, há formação de gotas, com cargas elétricas e tamanhos extremamente uniformes. Portanto, o tamanho das gotas depende, fundamentalmente, da tensão superficial, da intensidade do campo eletrostático e de determinadas características físicas do líquido. Dessa forma, somente líquidos especiais podem ser pulverizados por esse processo. Óleos minerais e vegetais reúnem algumas das características físicas adequadas para serem usados nesse tipo de pulverização; embora precisem antes ser aditivados com solventes polares para melhorarem a condutividade elétrica e a tensão superficial.

Em testes rápidos realizados em laboratório da Embrapa Meio Ambiente, e ainda não publicados, com uma mistura de óleo mineral medicinal (Nujol) e ciclohexanona, obteve-se uma taxa de deslocamento de carga de 0,7 microampere, com um bico operando em uma vazão de 6 mL/min (equivalente à aplicação de 1 L/ha) e 25 kV de tensão. Isso produziu uma relação carga/massa de, no mínimo, 7 microcoulombs por grama, o que é um excelente nível. Para produzir essa pulverização, o bico consumiu cerca de 18 miliwatts de potência, o que torna esse processo o mais econômico do mundo, e com excelentes possibilidades de uso na agricultura.

Outro fator a ser considerado é o fato de as gotas produzidas apresentarem carga elétrica. Quando uma nuvem de gotas, eletricamente

carregada, aproxima-se de uma planta, ocorre o aparecimento (por indução) de cargas de polaridade opostas na superfície do vegetal; e, como cargas opostas se atraem, ocorre um expressivo aumento na deposição de gotas por toda a planta, até mesmo na face inferior das folhas, o que reduz, conseqüentemente, as perdas para o solo.

Endacott (1983) demonstrou que, com a pulverização eletro-hidro-dinâmica, a mortalidade de organismos do solo é 20 vezes menor que aquela decorrente da pulverização hidráulica convencional.

## Bicos hidráulicos

Os bicos hidráulicos extraem a energia para a pulverização da pressão a que o líquido é submetido, e, atualmente, são os mais utilizados no mundo para a aplicação de agrotóxicos. Uma bomba hidráulica, ou tanques pressurizados, é utilizada para suprir a energia necessária para a pulverização.

Os bicos hidráulicos podem ser subdivididos em grupos que basicamente descrevem as características do jato emitido. Há, assim, bicos de jato cônico cheio, bicos de jato cônico vazio e bicos de jato em leque (Figura 7).

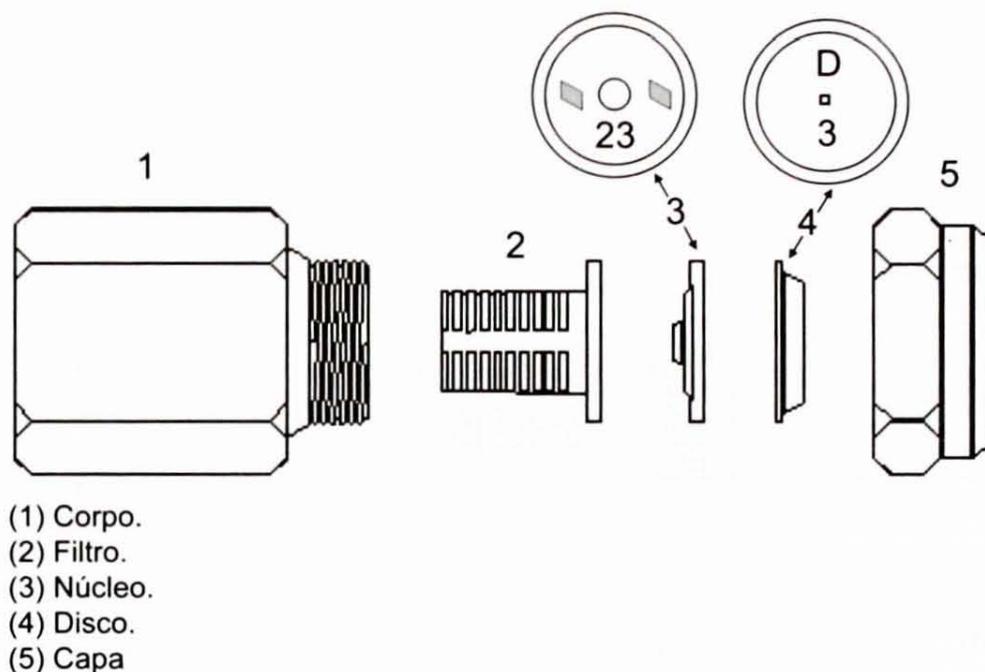


Figura 7. Jatos cônico cheio, cônico vazio e em leque.

Um bico cone é constituído de diferentes peças, conforme apresentado na Figura 8.

O bico de **jato cônico** possui um dispositivo interno com uma ou mais aberturas, o qual, em inglês, é denominado de *core* e, em português,

recebe uma série de outros nomes como, por exemplo, caracol, difusor ou núcleo. Esse dispositivo tem como finalidade promover, numa pequena câmara antes do orifício de saída, uma rotação que faz que o líquido saia tangenciando a borda circular do orifício na forma de uma fina lâmina cônica que, com a expansão, rompe-se em gotas. Dependendo da pressão exercida e do diâmetro do orifício de saída, em muitos casos tal lâmina não se forma, e o jato de gotas já emerge diretamente da ponta do bico.



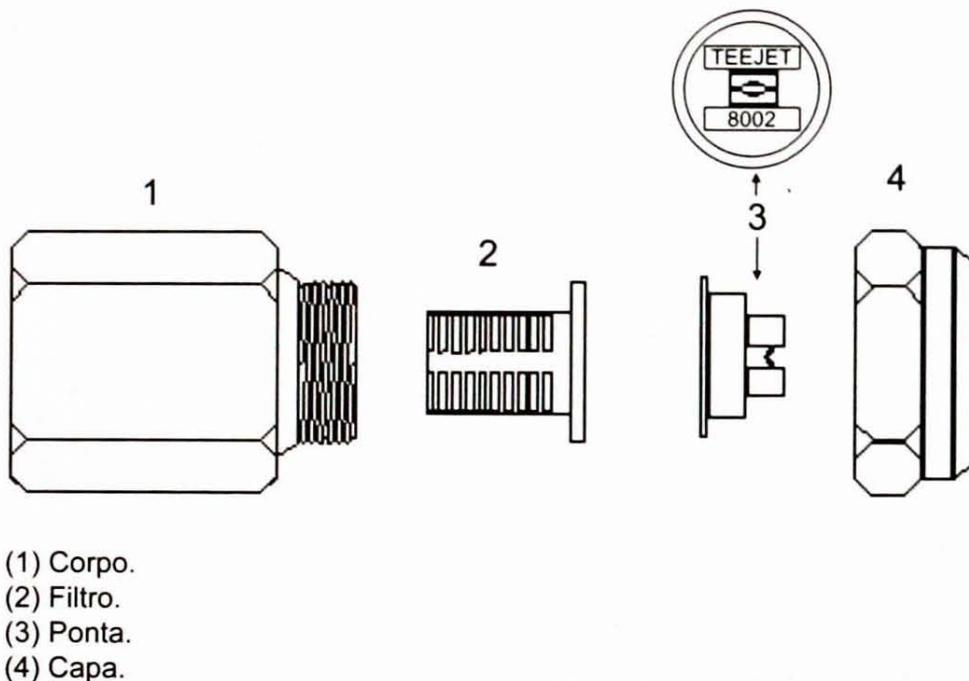
**Figura 8.** Constituição do bico cone.

Nos bicos da Spraying Systems, o núcleo recebe uma codificação numérica, como 13, 23, 25, 45, etc., cujo primeiro algarismo indica a quantidade de aberturas nele existentes, e o segundo, o tamanho de cada uma delas. Por exemplo, o núcleo nº 45 possui 4 aberturas de tamanho 5. Já o disco, esse recebe uma codificação alfanumérica, como D2, D4, D5, etc., em que o número após a letra D indica o diâmetro do orifício (ex.: 2/64", 5/64"). Da combinação núcleo/disco, resulta a identificação do bico (ex.: D2-13, D4-45).

Nos bicos da marca Jacto, o núcleo é identificado pelo número de furos: o núcleo 1 possui um furo, o núcleo 2 possui dois, e assim por diante. O disco Jacto é codificado apenas por números, como 10 ou 14, por exemplo, os quais também indicam o diâmetro de seu orifício (1,0 mm

e 1,4 mm, respectivamente). A identificação do bico Jacto é feita assim: JDI4-1 (disco 14, núcleo de 1 furo); JD10-2 (disco 10, núcleo de 2 furos).

Nos bicos de **jato em leque**, amplamente utilizados na aplicação de herbicidas ou em pulverização em superfícies planas, o líquido é forçado a passar por um orifício de forma elíptica ou retangular. Comparados aos cônicos, esses bicos trabalham geralmente com pressões inferiores e fornecem opções para que se trabalhe numa ampla gama de vazões e de ângulos de pulverização (Figura 9).



**Figura 9.** Tipo de bico leque, em que o jato é originário de um orifício elíptico da ponta (3).

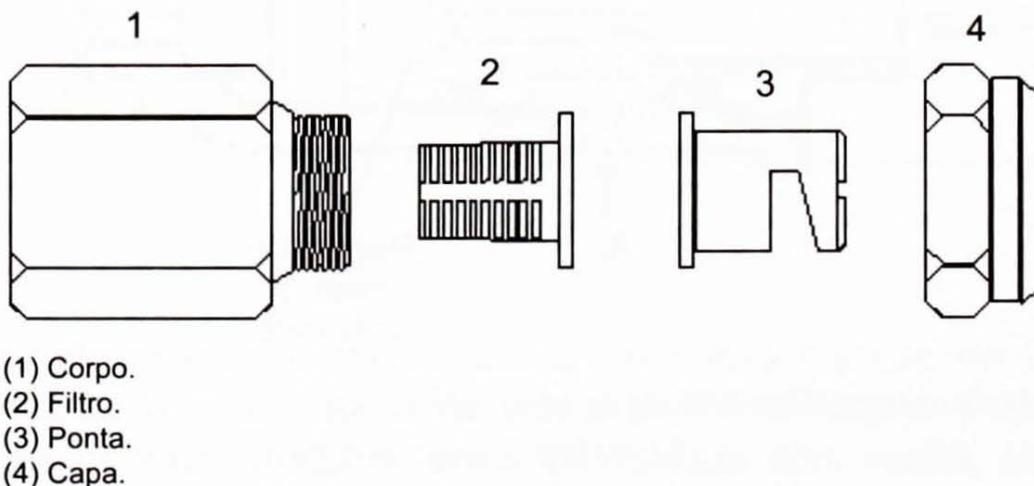
Como a maioria dos herbicidas é aplicada na superfície do solo, arraigou-se a crença de que o leque é o bico para a aplicação de herbicidas. Contudo, o bico leque é indicado também para a aplicação de inseticidas e de fungicidas no solo, pois, na escolha do tipo de bico, o que se deve levar em conta é o alvo.

Deve-se considerar, também, que, no bico cônico, o líquido perde energia quando efetua a rotação antes de sair pela ponta, e, por isso, o seu jato não tem velocidade suficiente para penetrar em regiões medianas

e inferiores afetadas nas plantas, caso em que um bico leque de ângulo de jato mais estreito poderá oferecer maiores vantagens de penetração que o bico cone, por seu jato atingir maior velocidade e gerar turbulências desejáveis para melhorar a deposição.

Na Figura 10, é mostrado o esquema de bico leque da série Teejet da Spraying Systems Co., em que a codificação numérica obedece à seguinte notação: os primeiros dois (ou três) algarismos indicam o ângulo de abertura do jato, à pressão de 40 lbf/pol<sup>2</sup>; e os demais algarismos à direita indicam a vazão, em galão por minuto. Exemplificando: o nº 8.002 (lido como 80-02) indica que o bico, operado à pressão de 40 lbf/pol<sup>2</sup>, produz jato com 80 graus de abertura, e sua vazão é de 0,2 galão/minuto. O nº 11.004 (a ser lido como 110-04) designa o bico com jato de 110 graus de abertura, e vazão de 0,4 galão/minuto, à pressão de 40 lbf/pol<sup>2</sup>.

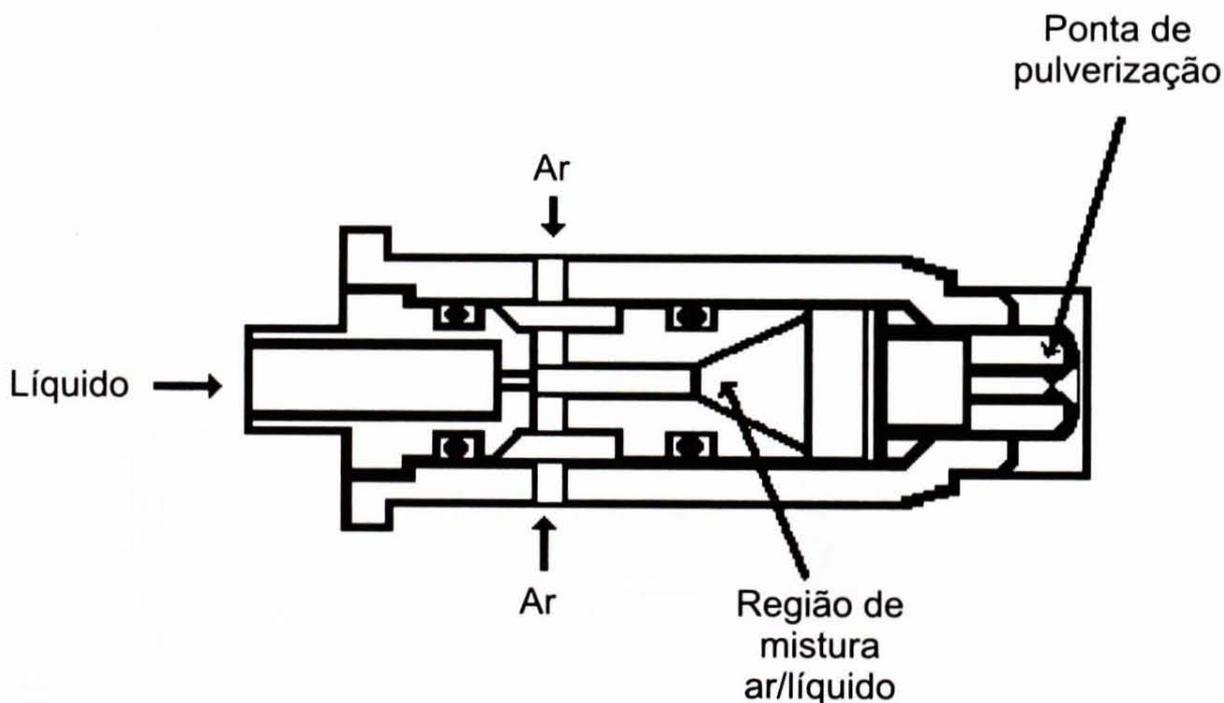
Num outro tipo de bico similar a esse, ao emergir de um orifício, o líquido choca-se com uma superfície plana e oblíqua e também produz um jato em forma de leque (Figura 10). Contudo, esse segundo tipo de bico leque trabalha com pressões menores (padrão de 10 lbf/pol<sup>2</sup>) e caracteriza-se por produzir gotas relativamente grandes e menos propensas à deriva.



**Figura 10.** Tipo de bico leque de impacto, em que o jato é formado por uma ponta (3), na qual o líquido colide com uma superfície plana.

Por possuir ângulo bastante aberto, esse segundo tipo de bico leque é apropriado para a aplicação bem próxima do alvo (solo) e é por isso mesmo preferido para equipar barras cobertas para a aplicação de herbicidas sob a saia de árvores e de arbustos (pomares, cafezais). Entretanto, se utilizado a pressões muito superiores à recomendada, esse tipo de bico de impacto gerará muitas gotas pequenas sujeitas à deriva. Os bicos da série Floodjet da Spraying Systems são codificados pelas letras TK seguidas de um número (ex.: TK-2), em que o número indica a vazão do bico a 10 lbf/pol<sup>2</sup>.

Foi introduzido no Brasil um tipo de bico leque com indução de ar (Figura 11), que, segundo os fabricantes, consegue introduzir pequenas bolhas de ar nas gotas. As gotas produzidas por esse tipo de bico são muito grandes e, portanto, adequadas à aplicação de produtos para redução de deriva. É um tipo de bico adequado para aplicação de herbicidas e fungicidas sistêmicos.



**Figura 11.** Bico leque com indução de ar.

Os bicos, ou apenas as pontas de pulverização, são fabricados com materiais de diferentes graus de resistência ao desgaste por abrasão e à corrosão por ação de produtos químicos, cujas características são apresentadas na Tabela 10.

**Tabela 10.** Classificação da resistência dos materiais utilizados na fabricação das pontas de pulverização.

<b>Material</b>	<b>Característica</b>
Latão	Baixa resistência ao desgaste, principalmente na pulverização de formulações do tipo pó molhável, além de ser especialmente suscetível à corrosão, principalmente com o uso de fertilizantes
Aço inoxidável	Boa resistência ao desgaste; excelente resistência à ação dos produtos químicos; e orifício durável
Aço inoxidável endurecido	Alta resistência ao desgaste; boa durabilidade e resistência à ação de produtos químicos
Polímeros	Resistência ao desgaste variável de média a boa; boa resistência à ação de produtos químicos; orifício facilmente danificável durante a limpeza
Cerâmica	Muito alta resistência ao desgaste; e bem resistente à ação dos produtos químicos abrasivos e corrosivos

No Brasil, são comercializadas diferentes marcas de bicos de pulverização, e cada fabricante adota uma codificação própria para identificar os seus produtos, em conformidade com vazão, ângulo de jato, cor de ponta, material de fabricação, etc. Assim, o usuário deverá solicitar do fornecedor as tabelas de bicos de sua marca preferida e, na escolha do produto, levar em consideração o tipo de calda que utilizará, o tamanho das gotas adequadas ao alvo, a vazão, a pressão de trabalho, o tipo de equipamento em que o bico será utilizado, etc. Contudo, o grau

de cobertura no alvo e o tamanho de gotas necessário para o controle do problema fitossanitário deverão ser os parâmetros orientadores da escolha adequada de bico.

## Pulverizadores tratorizados

### Pulverizadores de barra

Esses equipamentos são destinados à aplicação de agrotóxicos em cultura de porte rasteiro e têm uma faixa de aplicação definida pela largura da barra.

Como há vários modelos e marcas no mercado, a escolha do pulverizador deve ser definida pela facilidade de operação, bem como pela especificidade de utilização. Basicamente, trata-se de equipamento indispensável para a aplicação de herbicidas.

Constituem-se de um depósito, ou tanque, de uma bomba hidráulica e de bicos de pulverização. Entretanto, para controle de outras operações, mais dispositivos são necessários na composição de um pulverizador, tal como um circuito hidráulico completo, conforme apresentado na Figura 12.

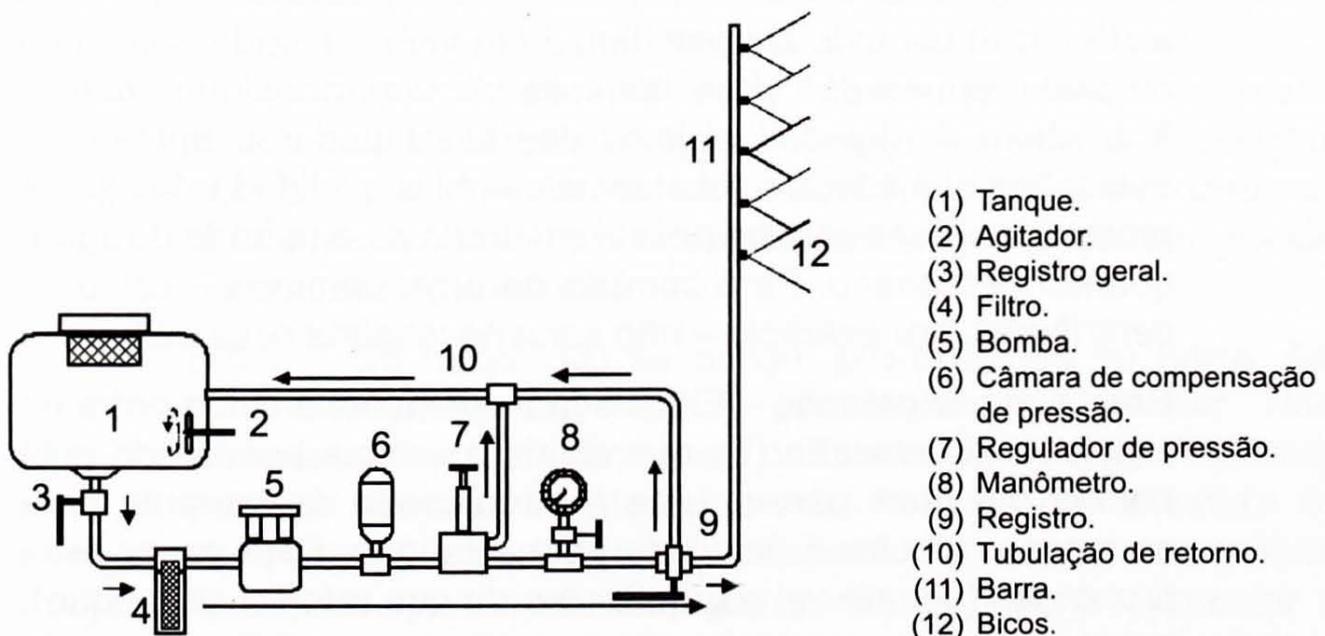


Figura 12. Circuito hidráulico de um pulverizador de barras.

- Depósito – O depósito – ou tanque (1) – define a capacidade operacional do pulverizador e dispõe de uma peneira na sua entrada, a qual serve para retenção de sujeiras mais grosseiras. Dispõe também de agitador mecânico (2) que é útil para a utilização de formulações do tipo pó molhável ou suspensão concentrada, e evita a decantação do produto na base do depósito. A forma de transporte do tanque define se o equipamento é de arrasto tipo carreta, ou se e é montado no terceiro ponto do trator.
- Filtro – Antes que a calda entre na bomba, existe um filtro (4), cuja limpeza deve ser frequente. Quando o tanque estiver abastecido, é necessário fechar o registro (3) para que o filtro seja aberto.
- Bomba – Existem vários tipos de bombas (5), cuja função é fornecer pressão à calda. No Brasil, a maioria delas é do tipo pistão. Para que haja pressão, a bomba deve ser capaz de recalcar um volume líquido maior do que a vazão total de todos os bicos.
- Câmara de compensação – Esta câmara (6) é um frasco metálico, com ar em sua região superior, cuja principal função é o amortecimento das pulsações de pressão oriundas da ação de admissão/compressão da bomba de pistão. A câmara de ar anula o efeito intermitente da bomba, pois, na compressão do líquido, o ar do frasco também é comprimido. No momento de retração do pistão, o ar comprimido pelo líquido mantém a saída constante da calda através dos bicos. Se essa câmara, por algum motivo, ficar cheia de líquido, os jatos dos bicos poderão apresentar pulsações que alteram substancialmente a qualidade das gotas produzidas. Essa câmara possui um dreno para retirada de água, quando necessário. Para bombas de ação contínua – como as centrífugas, por exemplo – não seria necessária essa câmara.
- Regulador de pressão – Eliminada a pulsação, a calda entra no regulador de pressão (7), que divide o volume bombeado pela bomba em duas partes: uma é direcionada diretamente para os bicos e a outra é desviada para o tanque. Para variar essa proporção (do que vai para o bico e do que retorna ao tanque), basta girar uma manopla que comprime uma mola com uma pastilha, que comanda a passagem para o retorno. Quanto mais

se comprime essa mola, mais difícil será o retorno; portanto, mais líquido será enviado aos bicos. Como a saída dos bicos é pequena, a pressão nessa parte do circuito se elevará, e vice-versa.

- Manômetro – A pressão no circuito dos bicos é observada em um manômetro (8), com escalas em lbf/pol<sup>2</sup> e em kg/cm<sup>2</sup> (ambas não oficiais, porém consagradas pelo uso). Normalmente os manômetros só devem ser utilizados durante a regulagem da pressão de pulverização, e, para que fiquem protegidos, devem ser acoplados a um registro, que deverá ser fechado durante o trabalho no campo e quando o sistema estiver despressurizado. Caso não haja registro, a solução paliativa é utilizar o manômetro enquanto se regula a pressão; após isso, no entanto, é necessário desacoplá-lo do circuito. Por precaução, o ideal seria conferir a pressão 2 ou 3 vezes ao dia.
- Registro – Depois do regulador de pressão e do manômetro, deve haver um registro (9), por meio do qual o operador controla a abertura ou a obstrução da passagem do líquido para os bicos e para as diferentes seções da barra (central, esquerda e direita, ou outras que o equipamento possuir).
- Barra – A barra de pulverização (11) é o dispositivo que serve de suporte para os bicos, e apresenta comprimento que varia conforme o modelo do pulverizador. Quanto mais comprida a barra, mais larga será a faixa de tratamento e, portanto, maior a capacidade operacional do equipamento; entretanto, maior será a sua oscilação, e mais heterogênea será a deposição. Apesar disso, no mercado nacional, existem hoje pulverizadores de barras muito longas e estabilizadas, que possuem grande capacidade operacional.
- Bicos – Os bicos (12) se acham posicionados na barra, em distâncias uniformes, fixadas por diferentes sistemas. Normalmente, o equipamento vem de fábrica com a barra montada para se adequar às situações mais comuns de cobertura do alvo, que é a cobertura total da superfície do solo, ou da cultura. Entretanto, para cada situação particular, deve-se procurar o melhor posicionamento do bico, para que a maior quantidade do produto químico seja colocado no alvo, evitando-se os

desperdícios. A iniciativa e a imaginação são os critérios que deverão ser adotados para maximizar a deposição nos alvos de pulverização, atendendo às particularidades de cada cultura e ao problema fitossanitário que se deseja controlar.

## Turbopulverizadores

Os turbopulverizadores dispõem de ventiladores que produzem um grande volume de ar para projetar as gotas para o alvo. São especialmente adequados ao controle de pragas e de doenças, à pulverização de culturas de porte arbustivo e arbóreo e das que necessitam de vento para levar as gotas ao interior da sua copa.

Normalmente, além de utilizarem bicos dos tipos cone e leque, os turbopulverizadores utilizados no Brasil possuem circuito hidráulico semelhante ao dos pulverizadores de barra, com a diferença de apresentarem um ventilador para assoprar as gotas (Figura 13).

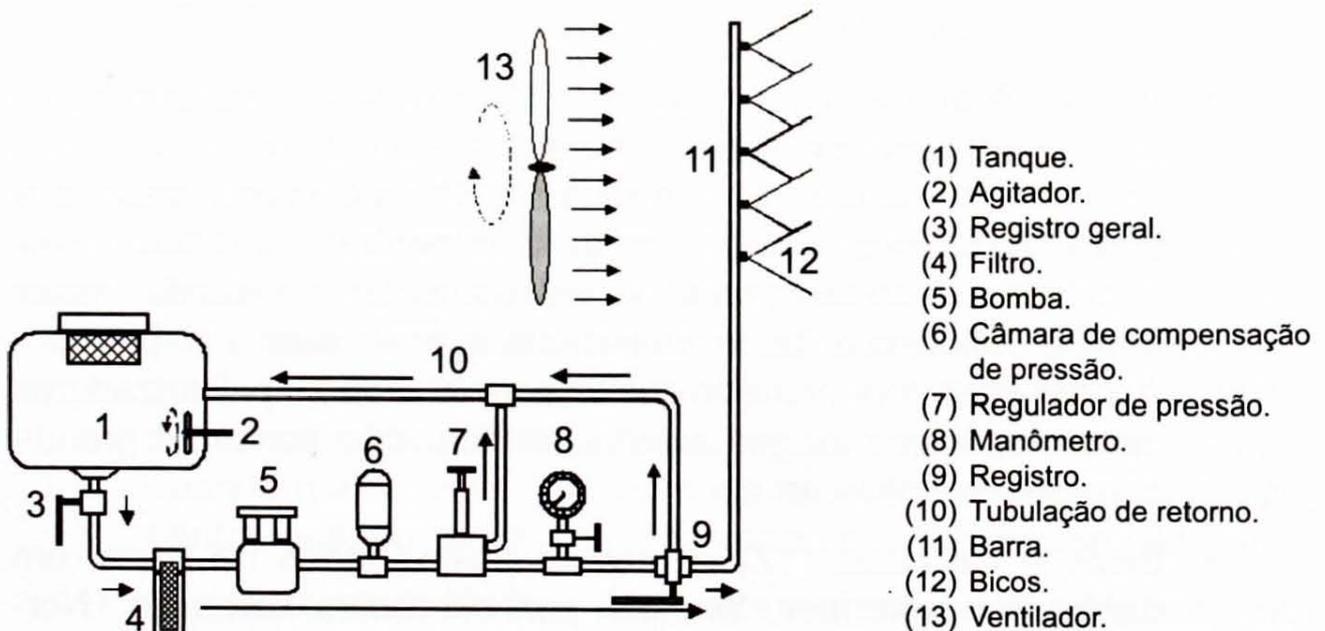


Figura 13. Circuito hidráulico de um turbopulverizador.

## Regulagem de pulverizadores

Depois que o pulverizador estiver acoplado e abastecido com água, deve-se verificar o seu funcionamento. Durante esse procedimento, é necessário checar se não há eventuais vazamentos, e se os componentes estão funcionando a contento.

Com o equipamento acoplado ao trator, deve-se checar a relação entre a marcha selecionada e a velocidade de deslocamento.

Nessa fase, um dos pontos mais cruciais é a equipagem do pulverizador com os bicos apropriados. Para isso, deve-se fazer a investigação sobre o hábito da praga, doença ou erva daninha a fim de verificar qual o tamanho ideal de gotas para o seu controle. O pulverizador deve ser levado até o local de trabalho e várias opções de bicos devem ser testadas para que se decida por aquele que melhor atenda aos requisitos do tratamento, isto é, o que melhor coloca o produto no alvo, sem perda por escorrimento nem por deriva.

No caso dos pulverizadores de barra, deve-se verificar a uniformidade da vazão de todos os bicos da barra. Para tanto, enquanto o equipamento estiver em funcionamento, recolhe-se o líquido pulverizado de cada bico por um período que varia de 30 a 60 segundos. Bicos que estiverem com variação de vazão entre 5% e 10%, em relação à média, deverão ser substituídos. Dependendo da distância entre os bicos, deve-se trabalhar a uma altura que permita a melhor distribuição de líquido sobre o alvo. A altura da barra deve ser suficiente para que os jatos dos bicos cruzem cerca de 30% (Figura 14).

No caso dos jatos leque, os bicos devem ser montados na barra, com um pequeno ângulo de rotação, de tal forma que não ocorra colisão entre os jatos, ou seja, as extremidades de um jato devem manter um grau de paralelismo em relação aos jatos adjacentes.

Se a altura da barra não promover o efeito de sobreposição dos jatos desejado, deve-se alterar a distância entre os bicos, ou alterar os bicos, selecionando ângulos de jatos que promovam a melhor cobertura na altura desejada.

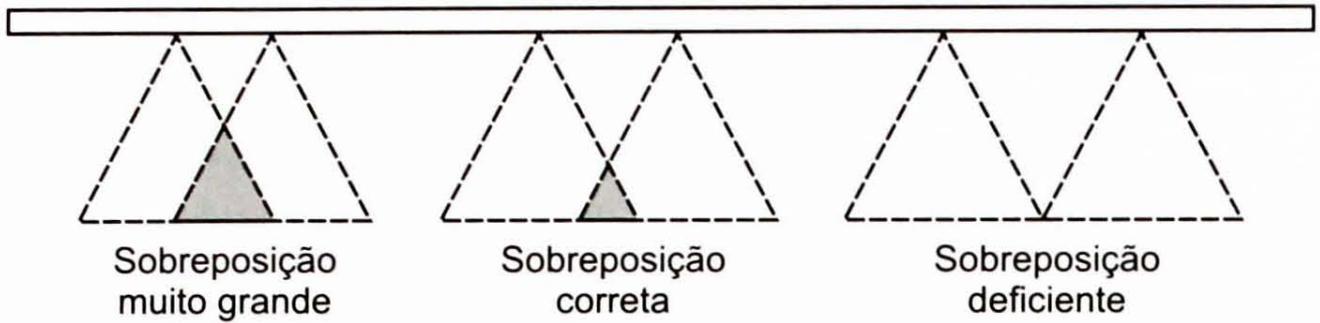
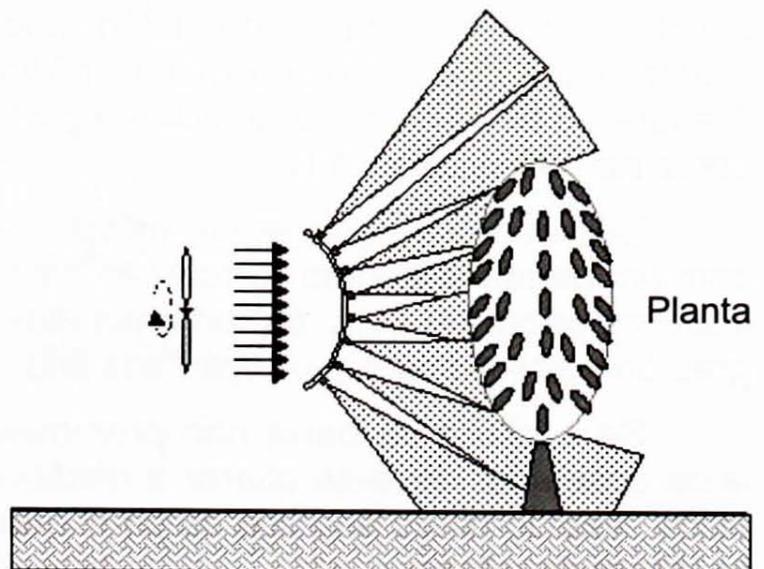


Figura 14. Cruzamento de jatos de pulverização, no qual a sobreposição muito grande é causada por altura elevada da barra de pulverização, e a sobreposição deficiente é provocada pela baixa altura.

No caso dos turbopulverizadores, é necessário verificar se todos os bicos estão projetando seus jatos em direção às plantas. No caso de fruteiras, como citros, maçã, etc., deve-se verificar se os bicos da região inferior do arco não estão contaminando excessivamente o solo ou se não está ocorrendo projeção de gotas muito acima dos ponteiros das plantas (Figura 15). Dependendo das condições de enfolhamento e do porte dessas plantas, alguns bicos da região inferior ou superior do arco podem ser simplesmente fechados.

Observa-se, na Figura 15, que o ramo do turbopulverizador apresenta oito bicos, dos quais apenas os quatro centrais estão corretamente orientados para a planta. Para resolver esse problema, os quatro outros bicos, situados nas extremidades superior e inferior do ramo, deveriam ser redirecionados para a planta ou simplesmente desligados, desde que

Figura 15. Regulagem inadequada dos bicos de um turbopulverizador.



os outros fossem alinhados para projetar seus jatos por toda a copa da planta. Ademais, já é possível verificar que essa regulagem inadequada dos bicos, ilustrada na Figura 15, desperdiça, no mínimo, 50% de volume de calda pulverizada. Apesar disso, essa regulagem é comumente observada no campo.

Existe uma diferença entre “regulagem de equipamentos de pulverização” e “calibração de aplicação de agrotóxicos”. Todo o enfoque da regulagem é voltado para a máquina, na qual se colocam os bicos que produzem as gotas mais adequadas para controlar o problema fitossanitário. Além disso, regula-se a direção dos jatos de gotas, a altura de pulverização, a pressão de trabalho recomendada pelos fabricantes dos bicos, verifica-se os filtros dos bicos, checa-se a relação entre marchas do trator e velocidades; enfim, efetua-se a manutenção geral da máquina. Na calibração, por sua vez, faz-se a aferição da deposição no alvo da aplicação. Essa aferição deve ser realizada mediante o conhecimento do tamanho e da densidade de gotas necessárias para o controle fitossanitário. Só após a calibração, o volume de calda consumido será conhecido.

Como o objetivo é colocar a quantidade correta de agrotóxicos no alvo, sem desperdícios, não se deve calibrar um equipamento para aplicar uma quantidade específica de litros de calda por hectare; ou seja, o volume de calda consumido deve ser o resultado da calibração, e não uma meta a ser alcançada. Assim, calibração deve ser definida como a “otimização da deposição de agrotóxicos no alvo, com o menor consumo possível de calda”.



## Calibração de pulverização

Um fator extremamente importante para o sucesso do tratamento fitossanitário de diferentes culturas é a calibração dos pulverizadores que serão utilizados para as aplicações dos agrotóxicos. O objetivo da calibração é colocar a quantidade correta de agrotóxico no alvo (local onde ocorre o ataque dos problemas fitossanitários), com o menor consumo de calda. Se houver uma deposição eficiente, o controle será mais efetivo, e o número de aplicações poderá ser reduzido (CHAIM; PESSOA, 2002).

Entre os pulverizadores, existem alguns que são mais utilizados para aplicar os agrotóxicos em culturas de porte rasteiro, arbustivo ou arbóreo, os quais são escolhidos de acordo com a área cultivada e, principalmente, com o poder aquisitivo do agricultor. Equipamentos como os pulverizadores costais, ou aqueles cuja aplicação é realizada por lanças manuais, produzem gotas que são arremessadas exclusivamente pela força da pressão hidráulica. Esses equipamentos devem ser utilizados, preferencialmente, em pequenas áreas de cultivo ou quando a cultura se encontra nas etapas iniciais do desenvolvimento da massa foliar. Para as culturas de porte arbustivo e arbóreo, os equipamentos que utilizam cortina de ar seriam indicados para todas as etapas de desenvolvimento, porque o jato de ar auxilia na deposição das gotas. Entretanto, quando a cultura encontra-se com a área foliar pequena, é conveniente desligar alguns bicos, ou aumentar a velocidade de deslocamento da máquina, para reduzir o consumo de calda. No caso de culturas de porte rasteiro, também seria conveniente aumentar a velocidade de deslocamento da máquina nas etapas iniciais de desenvolvimento.

## Passos para calibração de pulverização para aplicação de agrotóxicos

Para facilitar a compreensão de todos os passos que devem ser seguidos durante a calibração de qualquer tipo de pulverização, serão

adotadas, neste tópico, culturas arbustivas e arbóreas como, por exemplo, a videira cultivada em latada e a cultura da maçã (CHAIM; PESSOA, 2002). Nessas culturas, os passos para controle de uma doença seriam os seguintes:

## 1) Observação do grau de deposição de gotas nos principais locais de ocorrência das pragas e doenças

A observação da deposição pode ser realizada por meio do uso de cartões sensíveis à água – cartões de papel impregnados do corante azul de bromofenol –, que, na sua forma não ionizada, apresenta coloração amarela. Esses cartões estão comercialmente disponíveis no mercado; entretanto, caso não haja possibilidade de adquiri-los, eles poderão ser fabricados pelo próprio usuário. Para isso, prepara-se uma solução que contenha 1 g do produto azul de bromofenol, dissolvido em 20 mL de acetona e diluído em 180 mL de tolueno. Os cartões de papel selecionados devem ter alguma rigidez e apresentar superfície polida brilhante, que impeça a translocação da solução.

Depois de preparada a solução, utiliza-se algodão preso em uma haste de madeira ou em outro material, para passá-la sobre a superfície brilhante do papel, que adquirirá uma coloração amarelada. Nessa situação, ao atingirem a superfície tratada, as gotas de água produzem manchas azuis, que apresentam um bom contraste com o fundo amarelo e podem ser facilmente visualizadas. Na impossibilidade de obtenção e de fabricação do cartão sensível à água, recomenda-se utilizar algum corante na calda de pulverização, de forma que as gotas possam ser observadas diretamente nas folhas das plantas ou em alvos artificiais constituídos de papel comum, cuja coloração intensifique o contraste das manchas. Existem, também, produtos fluorescentes que podem ser observados com iluminação de luz ultravioleta (luz negra).

No caso da parreira, visto que a pulverização é realizada debaixo da latada e orientada verticalmente para cima, os alvos poderiam ser distribuídos em três regiões: região basal – onde ficam os cachos –, região intermediária e região superior (sobre a latada), porque certamente receberão deposições diferentes. Os alvos da região inferior receberão

uma deposição muito intensa, já que o bico de pulverização se desloca muito próximo deles, mas fornecem informação importante se comparados com aqueles colocados nas regiões mediana e superior do caramanchão, permitindo avaliar o grau de dificuldade de penetração das gotas.

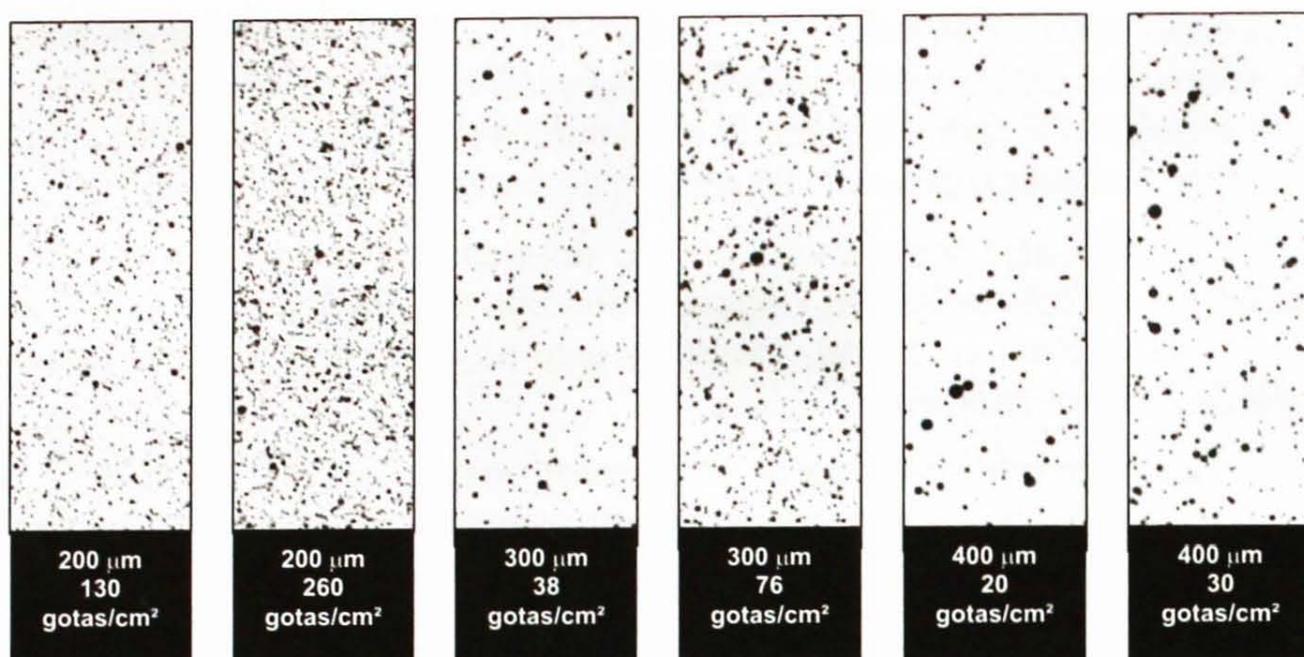
Quando se trata de controle de doenças da macieira, os alvos deveriam ser colocados nas páginas inferiores das folhas, nas seguintes regiões das plantas: apical, mediana externa, mediana interna, basal externa e basal interna.

Normalmente, gotas grandes (maiores do que 0,25 mm de diâmetro) tendem a depositar-se nas primeiras camadas de folhas, enquanto gotas pequenas (menores do que 0,15 mm de diâmetro) conseguem atingir as camadas das folhas menos expostas. Como o tamanho das gotas é influenciado pela vazão do bico e pela pressão de trabalho, esses parâmetros devem ser testados em conjunto com diferentes velocidades de aplicação, até que a pulverização dê o resultado esperado na cobertura.

A calibração deve ser realizada mediante a utilização de padrões de tamanhos e de densidade de gotas, padrões esses que devem ser selecionados para alvos característicos. Matthews (1982) apresenta uma generalização dos tamanhos de gotas que devem ser utilizados para alvos específicos (Tabela 6). Na prática, não é aconselhável utilizar as gotas menores do que 100  $\mu\text{m}$  recomendadas por Matthews (1982). Dessa forma, os padrões de tamanhos de gotas ilustrados na Figura 16 poderiam ser utilizados.

No folheto fornecido pela fabricante do cartão sensível à água (SYNGENTA, 2002), distribuído exclusivamente pela Spraying Systems Company, apresenta-se uma tabela com padrões de densidade de deposição para alguns tipos de alvo (Tabela 11).

Normalmente, para o caso de controle de doenças, deposições com densidade superior a 70 gotas por centímetro quadrado são consideradas as mais adequadas para aplicações de fungicidas. Assim, considerando-se os padrões apresentados na Figura 16, gotas entre 200  $\mu\text{m}$  e 300  $\mu\text{m}$  poderiam ser utilizadas nas pulverizações. Portanto, não seria necessário molhar totalmente as folhas até o ponto de escorrimento, porque essa condição de pulverização exigiria elevado volume de calda e seria extremamente desperdiçadora.



**Figura 16.** Padrões de tamanho e de densidade de gotas de pulverização. O tamanho das gotas é o VMD, o qual é medido e classificado pelo programa “Gotas”, desenvolvido na Embrapa Meio Ambiente e na Embrapa Informática Agropecuária. As imagens recuperadas de amostras originais fornecem apenas aspectos visuais de deposição, pois algumas manchas podem ter sido alteradas entre a captura e a transposição para o texto.

**Tabela 11.** Padrões de densidades de deposição mínimas para alguns tipos de pulverização.

Tipo de pulverização	Densidade de gotas (nº/cm <sup>2</sup> )
Inseticidas	20–30
Herbicidas em pré-emergência	20–30
Herbicidas de contato	30–40
Fungicidas	50–70

Fonte: Syngenta (2002).

## 2) Avaliação da vazão do equipamento

Assim que o padrão de deposição for atingido, é necessário calcular a vazão dos pulverizadores, a qual poderá ser obtida de duas maneiras diferentes:

#### a) Método direto

Pulverizar durante um minuto e coletar o líquido em algum tipo de recipiente. Em seguida, medir o volume pulverizado com algum utensílio graduado.

Este método é indicado quando existe facilidade na coleta do líquido pulverizado, e, principalmente, se o agricultor dispõe de algum utensílio com graduações para medir volume como, por exemplo, as provetas.

Entretanto, as provetas são caras e não são facilmente encontradas nas pequenas cooperativas que comercializam insumos agropecuários. Nesse caso, o agricultor deve utilizar o método indireto.

#### b) Método indireto

Colocar um volume conhecido dentro do tanque do equipamento e pulverizar até o esgotamento do líquido. Cronometrar o tempo consumido para esse procedimento.

Exemplo para um pulverizador tratorizado, do tipo carreta, com cortina de ar:

- 1) Adicionar 20 L de água (bem medidos) no tanque do pulverizador.
- 2) Acionar o pulverizador, selecionando a rotação do motor usualmente utilizada na pulverização.
- 3) Cronometrar o tempo que se gasta para pulverizar os 20 L (ex.: 3 min 15 s).
- 4) Converter o tempo para segundos. Por exemplo, se o tempo gasto foi de 3 min e 15 s, multiplica-se a quantidade de minutos por 60 ( $3 \times 60 = 180$ ). Em seguida, soma-se o resultado à quantidade de segundos ( $180 + 15 = 195$ ). Logo, o tempo total gasto foi de 195 s.
- 5) Dividir os 20 L pelo tempo em segundos ( $20/195 = 0,10256$  L/s).
- 6) Multiplicar o valor por 60 para obter a vazão em L/min:  
$$\text{Vazão} = 0,10256 \times 60 = 6,15 \text{ L/min}$$
- 7) Caso necessário, dividir a vazão da máquina pelo número de bicos. Exemplo para pulverizador com oito bicos:

$$\text{Vazão/bico} = 6,16/8 = 0,77 \text{ L/min}$$

Essa informação é importante na aquisição de bicos novos. Na compra, deve ser especificada a vazão desejada na pressão de trabalho que se pretende utilizar. Exemplo de especificação: bico leque, ângulo de 80°, com vazão de 0,4 L/min, pressão de 3,2 kg/cm<sup>2</sup> (ou 45 lbf/pol<sup>2</sup>).

### 3) Medir a velocidade de deslocamento da máquina durante uma pulverização

- a) Com uma trena, marcar um percurso de 50 m.
- b) Afastar o trator do local demarcado a uma distância que seja suficiente para imprimir velocidade constante durante a passagem pelo percurso selecionado.
- c) Disparar o cronômetro no momento em que o para-choque dianteiro do trator (ou outro ponto de referência) atingir a marca inicial. Desligar o cronômetro no momento em que o para-choque atingir a marca final dos 50 m. Anotar o tempo gasto e repetir a operação.

Se, por exemplo, o trator demorar 40 s para percorrer os 50 m, deve-se dividir a distância percorrida pelo trator pela quantidade de segundos consumidos ( $50/40 = 1,25$  m/s). Para transformar em minutos, multiplica-se o resultado por 60:

$$\text{Velocidade} = 1,25 \times 60 = 75 \text{ m/min}$$

### 4) Calcular a distância percorrida para tratar 1 ha

Supondo-se que a faixa de aplicação do pulverizador é de 2,5 m, e considerando-se um hectare como um quadrado de 100 m de lateral.

O número de passadas será:

$$P = 100/2,5 = 40$$

Se em cada passada o trator percorre 100 m, em 40 passadas a distância percorrida será:

$$L = P \times 100 = 40 \times 100 = 4.000 \text{ m}$$

5) Calcular o tempo que será gasto para tratar 1 ha

Para calcular o tempo gasto, divide-se a distância percorrida (4.000 m/ha) pela velocidade de aplicação (75 m/min):

$$\text{Tempo consumido/ha} = 4.000/75 = 53,3 \text{ min/ha}$$

6) Calcular o volume de calda que será gasto para tratar 1 ha

O volume de calda gasto será obtido, multiplicando-se a vazão do pulverizador (6,15 LH/min) pelo tempo que se gasta para efetuar a pulverização (53,3 min/ha):

$$\text{Volume consumido/ha} = 6,156 \times 53,3 = 328 \text{ L/ha}$$

7) Calcular a quantidade de agrotóxicos que deverá ser colocada no tanque do pulverizador

As recomendações de dosagem apresentadas normalmente nas embalagens dos agrotóxicos podem ser expressas em:

- a) Quantidade do produto em g/ha ou em mL/ha.
- b) Quantidade do produto em g/100 L ou em mL/100 L, com recomendação de um volume mínimo de calda, que deve ser utilizado para controle eficiente de pragas e de doenças.

A recomendação expressa em gramas ou em mililitros por 100 L é amplamente utilizada pelos agricultores, em razão da facilidade dos cálculos para preparo da calda. Entretanto, essa recomendação só deve ser utilizada quando se emprega grande volume de calda, ou seja, acima de 500 L/ha, obedecendo-se à recomendação do fabricante do agrotóxico.

Por exemplo, para um consumo de 328 L/ha, o agricultor deverá utilizar uma recomendação que especifique a dosagem do agrotóxico em gramas ou em mililitros por hectare.

### Exemplo:

Supondo-se que o agricultor utilizará um fungicida para controle de uma determinada doença. No rótulo ou na bula da embalagem, o agricultor encontra a recomendação de dosagem de 1,5 L/ha a 2,0 L/ha do produto comercial. Em virtude das características da cultura e do elevado risco de infestação da doença, o agricultor optou por aplicar a dosagem de 2,0 L do produto comercial por hectare. Considerando-se que a área cultivada pelo agricultor é de 5 ha e que o equipamento devidamente calibrado aplica um volume de calda equivalente a 328 L/ha, o consumo total de calda para tratar a cultura será:  $5 \times 328 = 1.640$  L. Supondo-se que a capacidade do tanque do pulverizador é de 500 L, o agricultor poderia simplesmente adicionar 328 L de água no tanque e os 2,0 L do produto, e tratar, com cada maquinada, um hectare de cada vez. Com isso, seriam realizados cinco preparos de calda e de abastecimentos. Entretanto, para economizar combustível, o agricultor pode realizar apenas quatro preparos de calda, colocando no tanque do pulverizador, em cada aplicação, 410 L de água. Nesse caso, a dose de produto comercial a ser adicionada no tanque seria:

$$D = \frac{\text{Dose/ha}}{\text{Volume/ha}} \times \text{Volume desejado}$$

Para o caso do exemplo anterior, o resultado seria:

$$D = \frac{2,0}{328,0} \times 410,0$$

D = 2,5 L de produto comercial para cada preparo de calda (410 L)

## Cuidados gerais e manutenção de equipamentos de aplicação

### Instruções teóricas

- Exigir que o representante do fabricante do seu equipamento forneça o manual de instruções referentes à montagem, à manutenção e à garantia.
- Dispor sempre do manual de instruções do equipamento de pulverização para obtenção de informações sobre as causas das deficiências de funcionamento. Em muitos casos, as soluções de problemas de funcionamento são simples.
- Seguir as recomendações dos fabricantes quanto às recomendações de manutenção do pulverizador, atendendo aos períodos de lubrificações, trocas de correias, etc.

### Antes da pulverização da cultura

- Verifique se o tanque do pulverizador está limpo.
- Coloque água limpa no tanque e faça funcionar o equipamento.
- Caso exista vazamento, conserte-o. As peças com defeito devem ser substituídas.
- Verifique se não há vazamento ou entupimento dos bicos e das mangueiras.
- Observe se o jato formado está correto. Se necessário, retire o bico e limpe-o com uma escova (ou pincel) destinada exclusivamente para essa finalidade. Nunca se deve desentupir o bico de pulverização com a boca, ou utilizar arame, prego ou grampo.

## Após o período de pulverização

- Esvaziar totalmente o tanque em local seguro. O ideal é pulverizar as sobras da calda em locais críticos da cultura como, por exemplo, reboleiros com maior infestação de pragas/doenças ou com maior intensidade de área foliar. Para evitar esse desperdício, preparar apenas a quantidade de calda necessária para tratar a área.
- Lavar o exterior e o interior da máquina com detergente.
- Aplicar uma solução de 80% de óleo lubrificante e 20% de óleo diesel nas partes metálicas do equipamento para evitar a corrosão.

## Utilização de equipamentos de proteção individual

O grau de exposição das diferentes regiões do corpo varia de acordo com o método de aplicação empregado e com a natureza do alvo tratado, em diversos pontos do corpo do aplicador (CHAIM et al., 1999a).

O **pulverizador costal**, quando utilizado em cultura de porte baixo, promove elevada contaminação das pernas do aplicador (CHAIM et al., 1999a). Entretanto, quando usado em culturas envaradas, como o tomate e a parreira, ou em culturas de porte médio, como o fumo e o café, o aplicador necessita deslocar-se dentro de uma névoa de gotas em suspensão no ar, contaminando as regiões mais elevadas do corpo.

Quando o **pulverizador estacionário** é utilizado em tomate estaqueado com 100 cm de altura, a contaminação é distribuída nas regiões das coxas, da barriga e dos ombros. Em tomateiro com 160 cm de altura, ocorre contaminação generalizada nos regiões do corpo, mas a região do pescoço é a mais atingida.

Os **pulverizadores tipo pistola**, utilizados em citros ou em outras fruteiras de grande porte, dependendo do espaçamento e do porte da cultura, proporcionam contaminação nas regiões da cabeça, dos braços, do tórax e do abdômen do aplicador.

O **pulverizador tratorizado de barra** apresenta um risco muito pequeno ao aplicador (tratorista) quando usado em culturas de porte inferior a 50 cm. Entretanto, à medida que o porte da cultura aumenta, o risco de contaminação do aplicador também aumenta.

O **pulverizador tratorizado turbinado** (ventilador), largamente empregado em culturas de porte arbustivo e arbóreo, promove contaminação relevante nas regiões da cabeça e dos ombros do aplicador em virtude da deriva das gotículas.

## Como evitar a contaminação ambiental

- Não manusear produtos fitossanitários no interior ou nas proximidades de residências ou de escolas; perto de crianças ou de pessoas não envolvidas no trabalho; e próximo de fontes de água ou de beira de córrego/rio/canais.
- Nunca prepare a calda em ambiente fechado. Proceda à preparação da calda em local ventilado.
- Efetuar sempre a regulagem do seu equipamento e a calibração da pulverização.
- Não pulverizar quando o vento estiver muito forte. Evitar a deriva.
- Usar SEMPRE equipamentos de proteção individual.
- A temperatura e a umidade relativa do ar influenciam na evaporação das gotas, na movimentação das massas de ar e na sustentação de gotas no ar. Assim, para evitar perdas por evaporação, as aplicações devem ser realizadas nas horas mais frescas do dia, isto é, pela manhã e ao entardecer.
- Toda a água de lavagem de equipamentos de aplicação e de proteção individual deverá ser descartada em local que não ofereça risco ao meio ambiente (pode ser aproveitada para repassar o tratamento fitossanitário).
- Durante o preparo da calda, efetuar a tríplice lavagem da embalagem e destiná-la para descarte.

- Observar rigorosamente o intervalo entre a última aplicação e a colheita (período de carência).
- Recomenda-se a manutenção de faixas de isolamento dentro das áreas cultivadas (de 1,5 m a 2,0 m) ou o plantio de “quebra-vento” para minimizar a deriva (caso houver) e servir de abrigo para os organismos considerados inimigos naturais.

# Referências

- AKENSON, N. B.; YATES, W. E. **Pesticide application equipment and techniques**. Roma, IT: FAO, 1979. 257 p. (FAO Agricultural Services Bulletin).
- BROWN, A. W. A. **Insect control by chemicals**. New York: John Wiley, 1951. 817 p.
- CHAIM, A. **Desenvolvimento de um pulverizador eletrohidrodinâmico: avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (*Enneothrips flavens* Moulton, 1951), em amendoim (*Arachis hipogae* L.)**. Jaboticabal: Facav-Unesp, 1984. 107 p. Tese de Mestrado.
- CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y. **Método para calibração de pulverizadores utilizados em videira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 9).
- CHAIM, A.; CASTRO, V. L. S. S.; CORRALES, F. M.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R.; NICOLELLA, G. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 741-747, 1999a.
- CHAIM, A.; LARANJEIRO, A. J.; CAPALBO, D. M. F. **Bico pneumático eletrostático para aplicação de inseticidas biológicos em floresta de eucalipto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999b. 33 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 3).
- CHAIM, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 6, p. 963-969, 1999c.
- CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; CASTRO, V. L. S. S.; FERRACINI, V. L.; GALVÃO, J. A. H. Comparação de pulverizadores para tratamento da cultura do tomate estaqueado: avaliação da deposição e contaminação de aplicadores. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 9, p. 65-74, 1999d.
- CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L. Eficiência de deposição de agrotóxicos obtida com bocal eletrostático para pulverizador costal motorizado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 497-501, p. 963-969, 2002.
- CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRÁ, D. A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999e. 29 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 2).
- CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 13-22, 2000.

COFFEE, R. A. Electrodynamic energy: a new approach to pesticide application. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE: PEST AND DISEASES, 1979, Brighton. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1979. p. 777-789.

COMBELLACK, J. H. The problems involved in improving spraying efficiency. **Australian Weeds**, Victoria, v. 1, n. 2, p. 113-117, 1981.

COURSHEE, R. J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 5, p. 327-352, 1960.

EMBRAPA. Aldemir Chaim. **Pulverizador pneumático eletrostático costal acionado por alavanca manual**. BR n. PI 8805580, 27 out. 1988, 25 out. 1994.

ENDACOTT, C. J. Non-target organism mortality: a comparison of spraying techniques. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION, 10., 1983, Brighton. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1983. v. 2, p. 502.

HIMEL, C. M. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 62, n. 4, p. 919-925, 1969.

HIMEL, C. M.; MOORE, A. D. Spray droplet size in control of spruce budworm, boll weevil, bollworm, and cabbage looper. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 62, n. 4, p. 916-918, 1969.

JOHNSTONE, D. R. Insecticide concentration for ultra-low-volume crop spray applications. **Pesticide Science**, Chichester, v. 4, p. 77-82, 1973.

JOHNSTONE, D. R.; JOHNSTONE, K. A. Aerial spraying of cotton in Swaziland. **PANS: pest articles and news summaries**, London, UK, v. 23, n. 1, p. 13-26, 1977.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1982. 336 p.

PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 45-56, 1999.

QUANTICK, H. R. **Handbook for agricultural pilots**. London, UK: Collins, 1985. 265 p.

ROSE, G. J. **Crop protection**. London, UK: Leonard Hill, 1963. 490 p.

SCRAMIN, S.; CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L.; ANTÔNIO, P. L.; ALVARENGA, N. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 43-50, 2002.

SYNGENTA. **Water sensitive paper for monitoring spray distribution**. Basel: Syngenta Crop Protection AG, 2002. 15 p.

## Literatura recomendada

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: Funep, 1990. 133 p.

QUANTICK, H. R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. London, UK: Collins, 1985. 447 p.

QUANTICK, H. R. **Handbook for agricultural pilots**. London, UK: Collins, 1985. 265 p.

## Glossário

**Alvo** – Aquilo que foi escolhido para ser atingido pelas gotas da pulverização (plantas, face inferior das folhas, ponteiros das plantas, colo das plantas, troncos, organismos nocivos, planta daninha, solo, etc.).

**Calda** – Mistura da água com a formulação do agrotóxico na concentração para a aplicação.

**Calibração** – Aferição, mediante padrões, da densidade e do tamanho das gotas depositadas nos alvos.

**Deriva** – Desvio, em relação ao alvo, da trajetória das gotas liberadas pela pulverização.

**Dosagem** – Qualquer relação que envolva dose, expressa em quantidade de material por unidade de peso, volume, comprimento ou área.

**Dose** – Quantidade de agrotóxico expressa em unidade de peso ou de volume.

**Endoderiva** – Movimento das gotas da pulverização para dentro da área pulverizada.

**Exoderiva** – Movimento das gotas de pulverização para fora da área pulverizada.

**Faixa de aplicação** – Largura da área tratada, relativa a uma passada do equipamento aplicador.

**Perda** – Quantidade de material aplicado que não é retida pelo alvo, expressa em porcentagem.

**Tratamento fitossanitário** – Operação envolvendo uma ou mais aplicações de produtos ou de processos químicos, físicos, mecânicos ou biológicos, para defesa fitossanitária.

**Vazão** – Quantidade de material que flui por unidade de tempo.

**Volume de aplicação** – Volume de calda aplicado por unidade de área, de comprimento, de peso ou de volume.



# ***Livraria Embrapa***

A stylized graphic element on the left side of the logo, consisting of a thick black line that curves upwards and then downwards, ending in a circular shape that resembles a CD-ROM or a book cover.

Na Livraria Embrapa, você encontra  
livros, fitas de vídeo, DVDs e  
CD-ROMs sobre agricultura,  
pecuária, negócio agrícola, etc.

Para fazer seu pedido, acesse  
**[www.sct.embrapa.br/liv](http://www.sct.embrapa.br/liv)**

ou entre em contato conosco

**Fone: (61) 3340-9999**

**Fax: (61) 3340-2753**

**[vendas@sct.embrapa.br](mailto:vendas@sct.embrapa.br)**

**Impressão e acabamento**  
**Embrapa Informação Tecnológica**

O papel utilizado nesta publicação foi produzido conforme a certificação da Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Manejo Florestal

**Embrapa**

**Meio Ambiente**

A tecnologia de aplicação de agrotóxicos empregada atualmente foi desenvolvida no século 19 e, até hoje, objetiva estabelecer uma barreira tóxica na superfície do alvo, a fim de impedir o ataque de pragas e de doenças. Atualmente, a eficácia dos agrotóxicos para o controle dos problemas fitossanitários é muito grande, mas a eficiência do controle ainda é obtida graças ao poderoso efeito tóxico das novas moléculas, que compensa a pobre e deficiente deposição obtida com as pulverizações, pois, em alguns casos, mais de 50% dos produtos aplicados não chegam ao alvo desejado. A falta de incentivo ou de investimentos em pesquisas é o principal entrave para a melhoria do processo. Além disso, é pouco conhecido que a tecnologia de aplicação de agrotóxicos é uma ciência aplicada de natureza multidisciplinar, que envolve conhecimentos de diferentes áreas, como engenharia, agronomia, física, biologia, química, economia, segurança do trabalho, além da experiência e da criatividade do homem do campo.

O intercâmbio de informações entre essas áreas de conhecimento, somado às informações adquiridas por aqueles profissionais envolvidos com os problemas práticos dos controles fitossanitários, é essencial para a melhoria do processo como um todo. Neste manual, são apresentadas abordagens simples dos principais fatores que afetam a eficiência das aplicações, bem como uma proposta de calibração de pulverização, para melhorar a deposição dos agrotóxicos.

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



CGPE: 8118